
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN





Naturgeschichte

der

drei Reiche,

zur

allgemeinen Belehrung

bearbeitet

von

G. W. Bischoff, J. R. Blum, H. G. Bronn, K. C. v. Leonhard,
F. S. Leuckart und F. S. Voigt.

Mit Abbildungen.

Dreizehnter Band.

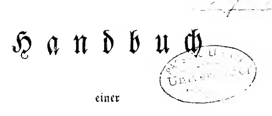
Der Geschichte der Natur

Erster Band.

Stuttgart.

E. Schweizerbart's Verlagshandlung.

1841.



Handbuch

einer

Geschichte der Natur

von

Heinrich G. Bronn,

Dr. d. Philos., ord. Professor der Natur- und Gewerbs-Wissenschaften an der Universität zu Heidelberg und Direktor ihres zoologischen Museums.

Erster Band.

Einleitung. — I. Theil: Kosmisches Leben. — II. Theil: Tellurisches Leben.

Mit VI Tafeln und 23 eingedruckten Holzschnitten.

Stuttgart.

E. Schweizerbart's Verlagshandlung.

1841.



Vorrede zum ersten Bande.

Diese Vorrede ist eine Nachrede, geschrieben bei Ausgabe der letzten Lieferung dieses Bandes. Ich hätte allerdings schon bei'm Erscheinen des ersten Heftes Manches zu bevorworten gehabt; aber, was auch inzwischen über meine Arbeit geurtheilt werden möchte, so glaubte ich doch erst dann ganz verständlich werden zu können, wenn nach Abschließung eines größeren Ganzen derselben der Leser besser in der Lage wäre, meinen Standpunkt als Bearbeiter dieses Gegenstandes zu würdigen.

Nach unserem anfänglichen Prospektus hätte mein Antheil an der Naturgeschichte auf eine geringere Bogenzahl zusammengedrängt und nach einem andern Plane geordnet werden sollen. Wenn ich aber jetzt nach 7—8 Jahren einem neuen Plane folge, so glaube ich nur meine Pflicht gegen das Lese-Publikum zu erfüllen, weil ich nach meiner Ueberzeugung dasselbe so am besten auf den gegenwärtigen höheren Standpunkt der schnellschreitenden Wissenschaft zu stellen vermag. Wenn ich ferner den Plan weitläufiger ausführe, so geschieht es theils ebenfalls in Folge der seitherigen Vermehrung des Materials und des Fortschreitens

der Wissenschaft, theils aber auf den ausdrücklichen von vielen Seiten mir zugekommenen Wunsch, daß ich die Geschichte der Natur, einmal aufgenommen, auch erschöpfender behandeln möge, wie ohnehin alle andern Theile dieser Naturgeschichte ausführlicher behandelt worden sind. Ich glaube aber, daß die bis jetzt vollendete Abtheilung schon in sich den genügendsten Beweis enthalte, daß das organische Leben vom unorganischen, das tellurische vom kosmischen in Zeit und Raum viel zu nothwendig und vielseitig bedingt werde, als daß eine wissenschaftliche Bearbeitung der Geologie heutzutage der Astronomie, und eine Geschichte der Pflanzen- und Thier-Schöpfung der Geologie entbehren könne, und daß man die Bedingungen der Erscheinungen des einen großentheils nur im andern finden könne, — daß mithin unerläßlich gewesen, bei der Geschichte der Natur von der Astronomie auszugehen, welche schon ohnehin bei einer allgemeinen Naturgeschichte nicht fehlen sollte (vgl. S. 2 Anmerkung 1).

Es ist das erste Mal, daß der Versuch gemacht wird, eine Geschichte der gesammten Natnr durch systematisches Ordnen und wissenschaftliche Beleuchtnng rein thatsächlicher Beobachtungen ohne vorgefaßte Theorie zn entwerfen. Dieser Versuch hat daher einige Ansprüche mehr auf nachsichtige Beurtheilung, als ein Lehrbuch über einen Gegenstand, welches schon einige Dutzend oder mehr Vorgänger gehabt hat. Er hat Anspruch auf diese Nachsicht wegen des weiten Umfangs und der großen Manchfaltigkeit der gesammten Natur-Wissenschaften, auf welche eine Geschichte der Natur gründen muß, die aber in ihrem heutigen Stande außer dem vollen Bereiche des Wissens eines einzelnen Menschen liegen. Er hat solchen Anspruch, weil es unter diesen Verhältnissen um so schwieriger seyn mußte, sich bei der ersten Abfassung

überall den Standpunkt einer im Allgemeinen gebildeten, aber nicht durchgehends mit den Naturwissenschaften voraus-vertrauten Lese-Welt gegenwärtig zu erhalten, jedoch ein andrer Versuch dieser Art nun einmal nicht vorlag, auch in der beschränkten Zeit für das Erscheinen des ganzen Werkes, wozu er gehört, nicht gemacht werden konnte. Diese Verhältnisse, der Umfang der nöthigen Vorarbeiten und die Nothwendigkeit diese Abtheilung unsrer Naturgeschichte auf die übrigen Abtheilungen nach Inhalt und Form zu stützen und Wiederholungen nach Möglichkeit vorzubeugen, werden es hoffentlich auch rechtfertigen, daß dieselbe später als die anderen erscheint, daß überhaupt die Geschichte des Ineinandergreifens der Entwickelung der Mineral-, Thier- und Pflanzen-Welt die Beschreibung der letzten vorausgehen läßt, aber auch daß ich selbst dann ein Bekanntseyn der Leser mit diesen nach dem Inhalte der übrigen Abtheilungen unsres Werkes voraussetze, vielleicht selbst auf die Gefahr hin, daß dieß doch nicht allerwärts der Fall wäre. Doch habe ich dieses Gründen und insbesondere das Berufen auf die übrigen Abtheilungen unsres Werkes so weit beschränken zu müssen geglaubt, daß die selbstständige Entwickelung und der Zusammenhang dieses Versuches nicht hierunter litte. Aber man wird auch noch außerdem eine **ungleiche** extensive Bearbeitung desselben nicht verkennen, weil ich mich nämlich wieder in manchen Fällen wenigstens, hinsichtlich des Weiteren, auf fremde Schriften, auf ihre bereits reichlichen Zusammenstellungen und bekannten Resultate berufen konnte, während an anderen Stellen ich selbst zum ersten Male den Leser durch eine Reihe von Beobachtungen zu den erstrebten Ergebnissen leiten mußte. Insbesondre sind manche zur Geschichte der Natur eigentlich gehörige Thatsachen schon in unserer „Geologie und Geognosie“

aufgenommen worden, wo sie in weder chronologisch noch physiologisch geordneten Abschnitten zerstreut vorkommen, obschon nach einer richtigen wissenschaftlichen Systematik die ganze „Geologie" hätte in die Geschichte der Natur verarbeitet werden sollen. Demungeachtet werden nur wenige Thatsachen, und dieß nur solche von größter Wichtigkeit hier zum zweiten Male erzählt seyn; ich habe mich hinsichtlich der mir nöthigen Belege hauptsächlich an die erst seit Herausgabe unserer „Geologie und Geognosie" (1835) bekannt gewordenen Beobachtungen gehalten und für die übrigen die einschlägigen Kapitel in diesem Buche zitirt.

Vielleicht wird man mir zum Vorwurfe machen, daß ich das „Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, Geognosie und Petrefakten-Kunde" so häufig statt der Urquellen angeführt, aus welchen die einzelnen Thatsachen geschöpft sind. Da aber in genanntem Jahrbuche die die Fossil-Reste betreffenden Auszüge alle, und jene, welche auf Geologie Bezug haben, großentheils von mir selbst besorgt worden sind, — da dieß von Anfang her mit Absicht auf die gegenwärtige Arbeit geschehen ist, — und da in demselben die Urquellen überall gewissenhaft angeführt, auch bei fast allen von dort entliehenen Thatsachen die Autoren wieder genannt worden sind, so hatte ich nicht zu befürchten, daß ich daselbst nur ungenügende Auszüge vorfände, oder daß ich mich einer Ungerechtigkeit gegen die Autoren oder die ursprünglichen Quellen schuldig machte. Es hätte nicht mehr Arbeit gemacht, statt des Jahrbuches diese Quellen selbst unmittelbar zu zitiren und mir hiedurch in manchen Augen vielleicht sogar einen Schein größrer Gelehrsamkeit anzueignen; ich habe es aber im Interesse der Leser geachtet, sie hinsichtlich der ausführlicheren Berichte über manche Verhältnisse auf ein einzelnes und daher sich leicht zu verschaffendes Werk

zu verweisen, welches hiedurch als Kommentar zur Geschichte der Natur brauchbar wird, als ihnen hunderte von Büchern zu nennen, die sie sich nicht so leicht verschaffen können, welche sie aber doch, wo ihnen ausnahmsweise daran läge, eben mit Hülfe des vorigen leicht werden ausmitteln können.

Nachdem man Gelegenheit hat, die erste Hälfte des Planes der Geschichte der Natur aus dem vorliegenden Bande zu ersehen, wird es genügen, hinsichtlich der andern Hälfte anzugeben, daß ihre Aufgabe seye, im dritten Theile zu untersuchen: das Verhalten von Vitalität und Sensibilität zu Affinität und Gravitation so wie zu einander selbst im Allgemeinen, die Bedingnisse und Erscheinungen des Entstehens und ersten Auftretens der Lebenwelt, die ihrer Verbreitung auf der Erd-Oberfläche, die ihrer allmählichen Umgestaltung und ihres fortdauernden theilweisen Unterganges, die ihres Antheiles an der Bildung der Gesteine, an der Gestaltung der Erd-Oberfläche und an der Modifizirung der flüssigen Erdhülle in Mischung und Klima, sowohl während ihres lebenden Zustandes wie durch ihre Ueberreste im Tode. Es werden die Bedingnisse zu untersuchen seyn, durch welche die fossilen Reste in die Zustände versetzt werden konnten, in welchen wir sie jetzt finden, und sind die Schlüsse festzustellen, die wir uns aus deren Vorkommen auf die ehemaligen Zustände der Erd-Oberfläche gestatten dürfen. Wir werden endlich die Gesetze gleichzeitiger und successiver Vertheilung der Formen von Thieren und Pflanzen über die Erd-Oberfläche zu erforschen, darnach die verschiedenen Erd-Perioden und ihre Gesteine zu charakterisiren und endlich die wichtigsten Formen früherer Organismen selbst zu beschreiben haben. — Im vierten Theile endlich bleibt uns übrig den Einfluß der Erd-Oberfläche auf die Verbreitung, Entwickelung und Ausbildung des Menschen-Geschlechts und

den des Menschen auf die Gestaltung der Erd-Oberfläche und des Klima's und auf das Verhalten ihrer übrigen Bewohner darzulegen und so zugleich die Geologie mit der „Geschichte" im gewöhnlichen Sinne des Wortes zu verbinden, obschon unser ganzes bisheriges Bestreben auch auf eine Geschichte — vor der „Geschichte" — gerichtet war.

Schließlich habe ich noch dankend der Güte zu erwähnen, womit mein verehrter Kollege, Hr. Geh. Hofrath Gmelin, augenblicklich drängender und gehäufter Beschäftigungen ungeachtet, S. 208 — 224 dieses Bandes hinsichtlich des chemischen Inhaltes durchgesehen und mehre mineralogische Formeln berichtiget oder hinsichtlich ihrer Ausdrucks-Weise mit den übrigen in Einklang gebracht hat.

Inhalts-Übersicht.

§. Seite

Einleitung.

[1]) Durch ein Versehen kommt §. 3 doppelt vor.

§. Seite

d. Die Erde insbesondre.

e. Die übrigen Planeten insbesondre.

f. Die Kometen.

g. Entstehung des Sonnen-Systems.

h. Rückblick.

§. Seite

II. Theil. Zweite Lebensstufe: Tellurisches Leben.

Im Allgemeinen.

I. Buch: Tropfbarer Zustand bis zur Erstarrung einer Rinde.

1. Kapitel: Die Erd-Feste.

2. Kapitel: Die Erd-Hülle.

Geschichte der Natur.

Erster Band.



Einleitung.

§. 1. **Geschichte der Natur.** Wenn wir uns mittelst der Physik und Chemie über die Eigenschaften der Materie als solcher, und mittelst der zoologischen, botanischen, mineralogischen und astronomischen Wissenschaften über die Naturgeschichte der Thiere, der Pflanzen, der Mineralien und der Weltkörper als selbstständiger Einzelnwesen Belehrung verschafft haben, sehen wir uns nach einer ferneren Wissenschaft um, welche uns über die gegenseitigen Verhältnisse und Thätigkeiten dieser verschiedenartigen Naturkörper im Ganzen genommen und insbesondere über die allmähliche Entwickelung und Heranbildung der jetzt bestehenden Wechsel-Verhältnisse unter denselben unterrichte. Wir suchen alsdann eine Wissenschaft, welche alle Natur-Reiche zusammengenommen, die ganze Natur als einen einzigen großen Organismus betrachte, die Wechselwirkung der einzelnen Glieder dieses Organismus untersuche, und die ihr zu Grunde liegenden Kräfte und deren Gesetzlichkeit erforsche. Geht diese Wissenschaft dabei von diesen Kräften und Gesetzen selber aus, um die einzelnen Erscheinungen, welche von jeder der Kräfte ferner veranlaßt werden, zusammenzustellen und zu erklären, so wird sie das in Beziehung auf die ganze Natur, was die Physiologie für den einzelnen organischen Körper, und man würde sie mit dem Namen einer **Physiologie der Natur** bezeichnen können. Betrachtet sie aber diese Veränderungen in ihrer chronologischen Aufeinanderfolge, so würde sie als **Geschichte der Natur** erscheinen in dem Sinne, wie wir eine Geschichte von

Völkern und Staaten haben. Um aber eine strenge Darstellung dieser beiden Wissenschaften auch nur zu versuchen, dazu sind unsre Kenntnisse noch viel zu mangelhaft und werden es vielleicht immer bleiben, da wir von so vielen wichtigen Erscheinungen keine gleichzeitigen Beobachter mehr gewesen sind, sondern sie meistens erst eine unberechenbar lange Zeit nach ihrer Vollendung aus einzelnen Spuren und Andeutungen nur unvollkommen erkennen und ihre Ursachen und Wechselbeziehungen zuweilen aus noch bestehenden Gesetzen erschließen, zuweilen aber auch unter Zuhülfeziehung von Miniatur-Ereignissen verwandter Art nur **errathen** können. Der gegenwärtige Versuch einer **Geschichte der Natur** ist daher weit entfernt, auf eine Lösung der Aufgabe in obigem Sinne Anspruch zu machen. Wir gebrauchen hier vielmehr dieses Wort in der Weise, wie es in dem Ausdrucke „Geschichte der Thiere“ u. s. w. erscheint, um eine so viel möglich wissenschaftlich und chronologisch zugleich geordnete Zusammenstellung unserer Kenntnisse von früheren und späteren allgemeinen Veränderungen in dem großen Natur-Organismus zu bezeichnen, welche theils aus den wirklich bekannten Gesetzen der Thätigkeit desselben erwiesen werden können, theils aber, wenn auch nicht erweislich, doch in einer Art beurkundet sind, daß der Naturforscher, wenn er sie gleich nicht ganz zu entziffern vermag, sie doch nicht mit Stillschweigen übergehen darf, sondern die Thatsachen vorzulegen und deren Erklärung und Verknüpfung mit andern Erscheinungen zu versuchen verpflichtet ist: eine Aufgabe, die ohnehin weder irgend einer unsrer Natur-Wissenschaften, noch der Geschichte fremd ist. Es gehört deshalb auch hieher die Sammlung von solchen Erfahrungen, welche die Erscheinungen erwähnter Art zwar nicht selbst betreffen, aber doch zu ihrer Erklärung dienen können.

Versuche dieser Art besitzen wir bereits mehre, insbesondre von Schubert und Link, dann im Augenblick des Druckes dieser Schrift von Petzholdt herausgegeben, doch von verschiedenen Tendenzen und nicht von der Weite des Umfangs, wie der gegenwärtige, welchem daher auch aus dieser und anderen Ursachen besondere Schwierigkeiten entgegenstehen [1]).

---

[1]) Unter diesen ist hier wenigstens ausdrücklich des Umstandes zu erwähnen, daß, nach dem anfänglichen Plane gegenwärtiger „Naturgeschichte“,

§. 2. **Haupt-Bestandtheile und Kräfte der Natur.** Theilt man gleich die Natur-Körper ein in belebte und in leblose [1]), so ist doch nichts todt und unveränderlich in der Natur. Es gibt da keinen Körper, welchem nicht Kräfte verschiedener Art inne wohnen, die ihn beherrschen, ihn zur Bewegung oder (anscheinenden) Ruhe zwingen, ihn erhalten oder verändern, seine Eigenschaften bedingen und zugleich wieder von diesen bedingt werden. Und so wirken auch alle Körper durch ihre Kräfte in ihrer Bewegung oder in ihrer Ruhe gegenseitig aufeinander. Aber diese Kräfte wirken nach allgemeinen und festen Gesetzen, die eine ist der andern untergeordnet an Stärke und an Ausdehnung, oder sie ist gar nur ein Ausfluß, eine besondre Form der letzten; daher doch alle, wenn auch auf verschiedenen Wegen und auf manchfach abändernde Weise sich widerstrebend, nach dem gleichbleibenden Verhältnisse ihrer relativen Stärke einem bleibenden allgemeinen Ziele entgegen arbeiten. — Wie man vier Reihen von Natur-Körpern unterscheidet, so gibt es auch vier ihrem Ursprunge nach fast von einander unabhängig erscheinende, aber an Stärke wie an räumlicher und zeitlicher Ausdehnung ungleiche Grund-Kräfte der Natur [2]), welche jenen Reihen entsprechen und die Quellen der andern untergeordneten Kräfte und der Grund aller Bewegungen in der Natur sind. Man kann diese Kräfte, die Körper, ihre Formen und Zusammensetzungs-Weisen in folgender Art zusammenstellen:

---

die Astronomie darin keine Mitbearbeitung erhalten hat und doch so unerläßlich für die „Geschichte der Natur“ ist, daß man sich ihr solche noch voranzuschicken genöthigt sieht. Um jedoch den Umfang dieses Werkes nicht noch mehr zu vergrößern, erscheint dieselbe nicht vorher als eine selbstständige Wissenschaft in gleichem Range wie die Botanik u. s. w., sondern vielmehr als Einleitung und mit beständiger Hinsicht auf unsern besondern Zweck bearbeitet, und weniger als solche Wissenschaft entwickelt, denn nach ihren Resultaten dargestellt.

[1]) Vgl. weiter darüber „Leuckart's allgemeine Einleitung zur Naturgeschichte, S. 34.

[2]) De Candolle *Regni vegetabilis systema naturale* (1818) I. 117.

	I.	II.	III.	IV.
Kräfte:	Attraction.	Affinität.	Vitalität.	Sensibilität.
Körper:	Welten.	Mineralien[1].	Pflanzen.	Thiere.
Formen:	Sphäroide.	Prismoide[2].	Conoide.	Sphenoide[3].
Zusammensetzung:	Aggregate[4]. (aus binären).	Binäre Z. (aus binären).	Ternäre Z. (mit Ausnahmen).	Quaternäre Z[5]. (mit Ausnahmen).

Die einen dieser Kräfte wirken in große Entfernung, Körper zu bewegen; die anderen können nur bei unmittelbarer Berührung zweier Körper von dem einen auf den andern wirken. Die einen wohnen allen Natur-Körpern (aller Materie sogar) inne, die anderen nur einem Theile derselben; jene haben daher bestanden,

---

[1]) Der Ausdruck „Mineral" ist hier im weitesten Sinne gebraucht, wo er auch die Bestandtheile der Luft u. s. w. mitbegreift.

[2]) Achsen drei, rechtwinkelig zu einander gleich- oder ungleich-werthig, gleich-polig (wenn nicht electrisch polar, u. s. w.). Manche Krystall-Formen sind nicht rein prismatisch, aber doch nach gewissen Gesetzen von Prismen ableitbar. Daß manche „Mineralien" wegen entgegenstehender Temperatur- und anderer Verhältnisse auch formell unentwickelt (unkrystallisirt) bleiben können: in Gas-Form, in unregelmäßigen Gestalten, thut dieser Eintheilung keinen Eintrag.

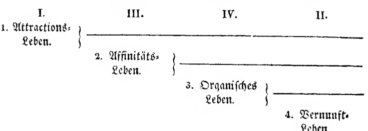
[3]) Die allgemeinen Formen der Pflanzen und Thiere haben mit dem Kegel und dem Keil folgende wesentliche Eigenschaften gemein: die Pflanzen mit dem Kegel; eine ungleich-polige Haupt-Achse und darauf rechtwinkelige unendlich viele Queer-Achsen, wovon alle um einen gleichen Punkt geordnete unter sich gleich, alle von verschiedenen Punkten aber zu den andern ungleich sind; daher der Ausdruck „Conoid". Die Thiere haben wie der Keil (von gewisser Form: ◿) drei Achsen, rechtwinkelig zu einander, ungleichwerthig, die Längen- und Höhen-Achse ungleich-polig; die Queerachse gleichpolig; daher der Ausdruck: Sphenoid, Keil-artig. — Ausnahmen.

[4]) Die „Welten" stehen in so ferne nicht auf gleicher Stufe mit der folgenden, als sie, wenigstens in späteren Zeiten der Ausbildung, aus durch Affinität gebildeten Mineralien zusammengesetzt sind und selbst Pflanzen und Thiere, wie sich später zeigen wird, zu ihrer Zusammensetzung beitragen. Inzwischen können wir für unseren Zweck einer vergleichenden Betrachtung derselben uns nicht entschlagen.

[5]) Da fast alle thierischen Mischungen, außer den 3 gewöhnlichen Bestandtheilen der Pflanzen (Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff), auch Stickstoff enthalten, so sind sie quaternär; doch gibt es Ausnahmen, ternäre bei den Thieren, quaternäre und binäre bei den Pflanzen.

so lange Körper überhaupt bestehen, die anderen nur seit der Erscheinung gewisser Reihen derselben. So ist die Attraktion den vier Reihen gemein, die Affinität (wesentlich) nur dreien [1]) und die Vitalität nur den zwei letzten, die Sensibilität nur den Thieren allein. Jede kann nur mit den vorhergehenden und sie beherrschend, wohl aber ohne die folgenden und daher früher als sie, bestehen.

Vergleicht man aber das Pflanzen- und das Thier-Leben in ihrem Beginne auf der Erdoberfläche, nämlich chronologisch, so scheinen, wenigstens nach unserem jetzigen Wissen, beide gleichzeitig begonnen zu haben, dagegen jedoch das Auftreten der höchsten Entwickelungs-Stufe des Lebens, das der geistigen Kraft des Menschen, nach ihrer inneren Bedeutung wie nach ihrer äußeren Wechselwirkung einen neuen, den vierten Zeit- und Kraft-Moment in der „Geschichte der Erde“ bezeichnen zu müssen, wodurch sich für die Chronologie und Physiologie der Natur folgendes Bild gestalten würde, das sich nun leicht mit dem obigen verbinden läßt.



Es ist dieses derselbe Entwickelungs-Gang, welchen, mit den in der Natur der Sache liegenden Abänderungen, der große Natur-Organismus selbst, wie dessen vollkommenster Theil-Organismus oder der Mensch durchläuft. Die eine jener Lebensstufen ist zwar

[1]) Aus der vorletzten Anmerkung erhellet, daß die Affinität zwar auch in den „Welten“ vorhanden seye, aber wenigstens ohne deren Form zu bedingen, daher nur in so ferne diese aus „Mineralien“ bestehen; daß aber das **eigentliche** Feld ihres gewaltigen Wirkens erst während und nach der Abkühlung und Erstarrung der Krusten, also höchst wahrscheinlich erst in einer späteren Zeit des Bestehens einer „Welt“ sich eröffnet haben könne.

die Bedingniß und die Grundlage der andern folgenden, und in so ferne nothwendig früher als sie; aber so wie keine von ihnen plötzlich eintritt, sondern mit einem unmerklichen Anfange beginnt und sich auf eine immer mehr ausgesprochene Weise allmählich entwickelt, so würde man auch in beiderlei Organismus vergebens mit scharfen Grenzen den zeitlichen Anfang einer jeden Lebensstufe zu bezeichnen suchen.

I. Theil.

Erste Lebensstufe[1]).

Leben der Erdmasse.

Attractions-Leben, Kosmisches Leben[2]).

(Astronomie und Theil der physikalischen Geographie.)

A. Im Allgemeinen.

§. 3. **Die Attraktion.** A. Die **Attraktion** oder **Allgemeine Anziehungs-Kraft** der Materie zeichnet sich vor den andern Grund-Kräften unsrer Erde dadurch aus, daß sie (mit Ausnahme einiger unwägbaren Stoffe) aller Materie gegen alle zusteht, folglich allen Körpern der vier Natur-Reiche innewohnt und, seit dergleichen bestehen, innegewohnt hat, mithin auch unter Verhältnissen und zu Zeiten, wo andere Kräfte noch nicht oder kaum thätig seyn konnten.[3]) Sie setzt die Materie gegen einander in Bewegung, nähert sie und sucht sie zu vereinigen.

---

[1]) Das Bild einer Stufe enthält die Darstellung eines Fortschrittes in senkrechter und zugleich wagerechter Weise, in Höhe und Länge, in „**Potenz**" und Zeit, was beides zugleich zu bezeichnen hier in unsrer Absicht liegt.

[2]) Diese drei Ausdrücke sind keinesweges genau synonym. Es sind Bezeichnungen der Sache aus verschiedenen Gesichtspunkten, aber auch in etwas verschiedenem Umfange u. s. w.

[3]) Wenn man sie inzwischen nicht sogleich überall wahrnimmt, wie z. B. nicht in zwei neben einander am Boden liegenden Steinen, so rührt solches gerade daher, daß diese beide von der fast unendlich mächtigeren Erde im Verhältnisse ihres gegenseitigen Massen-Unterschiedes mit so überwiegender Gewalt gegen den Erd-Mittelpunkt angezogen werden,

Ihre Stärke steht im Verhältnisse mit der Menge der anziehenden und angezogenen Masse-Theilchen. Wie in der Zeit, so ist auch im Raume ihre Wirkung ohne Grenzen, sie pflanzt sich von jenen Theilchen aus durch den Weltraum fort, jedoch mit einer im Quadrat der zunehmenden Entfernung abnehmenden Stärke, und ziehet Weltkörper zu Weltkörper (Stern zu Stern). Aber unbekannt mit der Art der früheren Vertheilung der Materie im unbegrenzten Weltraume und mit allen andern gleichzeitigen Verhältnissen vermögen wir an jene bekannte Allgemeine Eigenschaft der Materie keine weitren Folgerungen über die Entstehung der Welt-Körper anzuknüpfen, sondern müssen uns beschränken, diese als gegebene Wesen der gegenwärtigen Zeit nach ihren jetzigen Verhältnissen fortdauernder Attraktion und Bewegung zu betrachten.

B. Es ist die Attraktion (hier **Gravitation** genannt), welche alle Massetheilchen eines Weltkörpers und so auch der Erde gegen einander anzieht, und sie alle in die möglich größte Nähe von einander zu bringen sucht. Diejenige Gestalt, worin alle Theilchen am nächsten beisammen sind, ist die Kugel-**Gestalt**. Alle Weltkörper besitzen in der That diese Kugel-Gestalt [1]). Zu ihrer Bildung ist aber nöthig, daß sich alle ihre Bestandtheile in einem tropfbar- oder luftförmig-flüssigen Zustande befinden, um alle der Anziehung Folge leisten und die gemeinsame Kugel-Gestalt annehmen zu können. Die Kugel-Gestalt beweist daher auch einen anfänglich **flüssigen Zustand** der Welten. Die größte Menge der einen jeden Punkt anziehenden Theile liegt aber in der Kugel immer in einer von ihm durch deren Mittelpunkt hindurch verlängerten Linie: daher auch alle Punkte der Kugel in einer durch den Mittelpunkt gehenden Richtung sich zu bewegen streben, in dieser Richtung auf ihre Unterlage drücken oder, wo solche mangelt, fallen (daher **Centripetal**-Kraft). Je näher sie nun dem Mittelpunkte liegen, desto mehr werden sie selbst auch von den von allen Seiten nach dem Mittelpunkt strebenden Theilen zusammen

---

daß ihre eigene Anziehung dagegen verschwindet, theils auch daher, daß ihre gegenseitige Annäherung noch durch die Reibung am Boden erschwert wird. Hängt man sie aber an lange Fäden wie Perpendikel frei neben einander auf, so wird ihre Anziehung erkennbar.

[1]) Eben so gut, als der fallende Regentropfen oder das rollende Quecksilber-Kügelchen, welche durch die Attraktion gestaltet werden.

gedrückt und so verdichtet. Und je mehr materielle Theilchen jedesmal (schon früher je nach Verschiedenheit der Materien oder erst in Folge dieses Druckes) in ein gleich großes Volumen zusammen gedrängt sind, desto stärker wird dieses wieder gegen den Mittelpunkt angezogen. (Ausführlicher in §. 13.) — Fernere Wirkungen der Attraktion sind daher, daß in jeder sich bildenden, flüssigen Kugel des **Wachsthum** mittelst konzentrischer Umlagerung des Mittelpunktes durch Schichten neu hinzukommender Materie erfolgt, und daß die **Dichte** dieser Schichten vom Mittelpunkte gegen die Peripherie hin abnimmt. Diese Wirkungen werden mehr oder weniger auch im theilweise erstarrten Zustande noch bemerkbar seyn, und in der That erkennt man sie (Erde, Wasser, Luft — Licht?) am Erdkörper sowohl wie an andern Welten. — Bestehen ihre schon erstarrten Theile gleich aus einfacheren oder zusammengesetzteren chemischen Verbindungen, so sind diese unter sich doch nur wieder im **Aggregat-Zustande** miteinander vereinigt.

C. Da die Attraktion aber auch nach außen hin wirkt, so werden endlich alle Welt-Körper sich einander nähern und zuletzt zusammenfallen, wenn nicht eine Zweifältigkeit (Dualismus) der Kräfte vorhanden wäre, die solches hinderte. Irgend eine uns unbekannte Ursache nämlich, nach der Ansicht vieler Astronomen jedoch von der Attraktions-Kraft selbst (anderer mächtigerer Welt-Körper) ausgegangen, hat jedem Weltkörper, als er noch flüssig war, einen Stoß oder Ruck ertheilt, in dessen Folge sich dieselben nach den manchfaltigsten Richtungen gerade aus und mit gleichbleibender Schnelligkeit (da im leeren Weltraume nichts dieselbe hemmt) fortbewegen würden. Da nun die kleineren Weltkörper mehr von den größeren, als diese von den kleineren, angezogen werden (A), so unterliegen sie einer zweifachen bewegenden Kraft: der gleichstarkbleibenden in Folge eines einmaligen früheren Stoßes und der mit dem Quadrat der Annäherung zunehmenden der fortwährenden Attraktion des größern Körpers. Sie folgen daher der Diagonale des Parallelogramms beider Kräfte, das heißt — weil durch die erste jener Kräfte ihre Stellung zum größeren Weltkörper beständig verrückt und daher die Richtung der zweiten immer abgeändert wird — einer um denselben gekrümmten Linie, welche bei gewissen Proportionen beider Kräfte zu einander sich zu geschlossenen Ellipsen (außerdem auch zu Parabeln, Hyperbeln) gestalten, deren beiden

Durchmesser gegen einander an Länge sehr verschieden seyn können. (**Elliptische Bahnen** der Weltkörper.) Vgl. §. 9, 22, 34, B.

D. Mit dieser Vorausbewegung ist aber auch eine Bewegung der Welt-Kugel um eine durch dieselbe gedachte **Achse** verbunden (**Rotation**), die man sich daher erklären kann, daß jener anfängliche Stoß nicht gerade durch den Mittelpunkt der Kugel ging, sondern irgend einer Richtung zwischen diesem und einer Tangente folgte. Die individuelle Richtung dieses Stoßes würde dann die Lage der Rotations-Ebene und somit der Achse in Beziehung zur Linie oder Ebene der Bahn, die Stärke des Stoßes aber die Schnelligkeit der Rotation, und die nämliche in Verbindung mit der Stärke der Attraktion die individuelle Form der Ellipse und die Schnelligkeit der Bewegung in der Bahn selbst bestimmen (vgl. §. 14 A). Auf eine mehr in sich geschlossene Weise (welche nämlich eines von außen kommenden Stoßes nicht bedarf) gibt Laplace dieselbe Erklärung (§. 34).

E. Die Achsen-Drehung der Weltkörper erzeugt eine neue Kraft, gewöhnlich **Centrifugal-Kraft** genannt, die aber richtiger durch den Ausdruck **Axifugal-Kraft** bezeichnet würde. Der Umschwung der Kugel um ihre Achse bewirkt nämlich (wie der einer Schleuder in Beziehung auf den hineingelegten Stein) ein Bestreben ihrer Bestandtheile sich von dieser Achse zu entfernen, welches mit der Schnelligkeit des Umschwunges zunimmt, mithin bei schnellerer Rotation, an den von der Achse entferntesten Stellen (am Äquator) und an größeren Weltkörpern größer ist. An den Polen der Achse ist die Richtung dieses Strebens rechtwinkelig zur Centripetal-Kraft, in mitteln Breiten ihr schief, und unter dem Äquator ihr gerade entgegengesetzt. Aber ihre Stärke muß sogar hier immer geringer als die der letzten seyn und solche nur schwächen (nicht aufheben und überwinden), widrigenfalls die Materie von hier aus nach allen Radien auseinanderfliegen würde. Da nun an den Polen die Attraktion oder Centripetal-Kraft ungeschwächt bleibt, unter dem Äquator aber solche um den Betrag der Stärke der Axifugal-Kraft gemindert wird, so müssen hier die Bestandtheile der flüssigen Kugel im Verhältnisse der letzteren sich mehr von dem Mittelpunkt entfernen und gegen die Pole hin sich ihm immer mehr nähern, wodurch die anfängliche Kugelform unter dem Äquator gewölbter, an den Polen abgeplatteter und so zu einem sogenannten

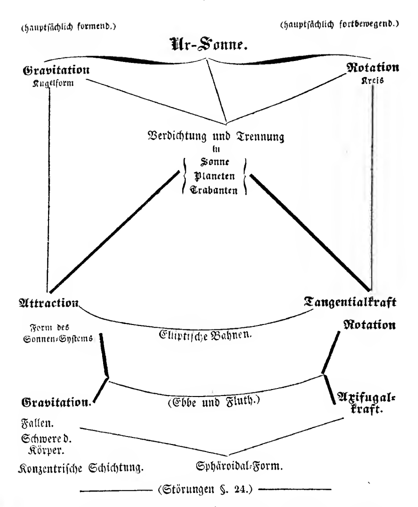
Rotations-Sphäroide umgewandelt wird. Erstarrt ein solches flüssiges Sphäroid, so bleibt diese Form, auch wenn die Ursache aufhört. (Vgl. §. 14, A, B.)

F. Die Attraktion erscheint aber auch noch auf andre Weise, oder wenigstens unter anderen Namen: so insbesondre bei unmittelbarer Berührung zweier Körper oder Körpertheile homogener Art unter dem Namen der **Cohäsion**. Sind nämlich die Massetheilchen eines Körpers flüssig, so daß sie alle mit allen ihren Flächen einander berühren und in ihre Zwischenräume gegenseitig eindringen können, so setzen sie einer sie trennenden Kraft mehr Widerstand entgegen, weil sie bei der somit hergestellten größten Annäherung an einander sich auch gegenseitig stärker anziehen; indessen ist bei der leichten Verschiebbarkeit der Massetheilchen eines flüssigen Körpers dieser Widerstand, diese Attraktion oder Cohäsion doch immer noch relativ gering. Geht aber ein solcher flüssiger Körper, dessen Theilchen sich innigst genähert sind, nun gewöhnlich unter noch stärkerer Annäherung (**Contaktion**) in starren Zustand über (ein jedoch schon theilweise chemischer Proceß), so daß jene leichte Verschiebbarkeit aufhört, so vermehrt sich die Cohäsion meistens sehr ansehnlich. Zertrümmert man einen solchen Körper wieder auf mechanische Weise, wenn auch ins feinste Pulver, so vermag man den Theilchen nicht mehr die zahlreichen Berührungs-Punkte und die innige Annäherung zu geben, das Ganze bleibt voluminöser, und die Cohäsion ist am geringsten. Die **Adhäsion** unterscheidet sich von voriger nur in so ferne, als die zusammenhängenden Theile heterogener Natur sind. Folge derselben ist u. A. der innige Zusammenhalt der Masse-Theile der Erdfeste und der Weltkörper überhaupt. Ohne sie würden z. B. die von der Sonne abgekehrten Theile der Erdmasse oft auf eine andere Weise und nach einem andern Gesetze in Bewegung gesetzt werden, als die zugekehrten, näheren, wie man dieses bei der Ebbe und Fluth des Meeres erkennt.

G. Die **Reibung** ist eine Combination aus vorigen (F): sie hemmet, verzögert oder vernichtet die Bewegung eines Körpers, welcher an der Oberfläche eines anderen berührend und drückend hingleitet. Der gleitende Körper hat nämlich hiebei nicht nur seine eigene Adhäsion gegen den andern, sondern auch entweder die Cohäsion von Theilen des letzten unter sich oder seinen eigenen Druck auf dessen Oberfläche zu überwinden: er muß die vorstehenden Theile

desselben an der Oberfläche abbrechen und weiter zertrümmern, oder sich über die von ihnen gebildete Erhöhungen emporheben und wieder senken. So modifizirt sie z. B. die Bewegung des Meeres an der Küste u. s. w.

H. Lassen wir daher die Frage hier noch unberücksichtigt, woher unsre Sonne oder die Sonnen überhaupt ihre rotirende Bewegung erhalten haben (etwa zunächst wieder von einer Central-Sonne? §. 34), so scheinen in unsrem Sonnen-Systeme alle Bewegungen von der Attraktion allein ausgegangen zu seyn und in alle Zukunft auszugehen, obschon man auf den ersten Blick glauben sollte, sie müsse zur endlichen Vereinigung und Ruhe aller Materie führen. Diese Hervorrufung so manchfaltiger Bewegung ist die Folge einer Spaltung jener Kraft in die vorhin bezeichneten Formen der Erscheinung, die man, obschon sie zum großen Theile durchaus nicht wesentlich verschieden sind, mit so verschiedenen Namen belegt hat; sie ist die Folge des Differenzirens, des Auftretens in einer manchfaltigen Zweifältigkeit (Dualismus), wie folgendes Schema versinnlichen mag. Folgt man nämlich — nur für die erste Stufe dieser Entwickelung — der Laplace'schen Theorie (§. 34), so fließen aus der



——— (Störungen §. 24.) ———

I. Ein ähnlicher Dualismus besteht noch zwischen der Attraktion und dem von der Sonne ausgehenden Lichte [1]; inzwischen sind, wenn auch dessen Ursprung und Fortpflanzung kosmisch, doch dessen Wirkungen nicht nur lediglich auf die Oberfläche der Planeten beschränkt, sondern auch mehr physikalisch-chemischer Natur.

[1]) Wenn wir gleich die ältere Ansicht, daß das Licht eine Materie sey, als die bekanntere im Ganzen beibehalten, so können wir doch nicht mit Stillschweigen übergehen, daß es den neuesten Beobachtungen zufolge nur Schwingungen (Bewegungen) sind, die von der Sonne ausgehen.

B. Das Welt-All[1]).

§. 3. **Unser Welt-System.** Fast alle die Himmelskörper, welche wir durch das von ihnen ausstrahlende Licht theils schon mit bloßem Auge erkennen, theils nur mittelst unserer Fernröhren entdecken, sind, obschon sie uns ihrer Ferne wegen nur als leuchtende Punkte erscheinen, kugelförmige Welten, viel größer als unsere Erde, die einem gemeinschaftlichen Welt-Systeme angehören, welches im unbegränzten Raume nur einen kleinen, linsenförmigen Theil auszufüllen scheint. Seine größte Durchschnitts-Ebene fiele mit ihrem Umfange in die **Milchstraße** des Himmels, und gegen deren Mitte hin befände sich unsre Erde. So würde sich erklären, warum wir nach der Richtung jener größten Ausdehnung dieses Systemes im Kreise um uns her (in der Milchstraße nämlich) bei Weitem mehr Sterne hintereinander, und scheinbar dichter an einander gedrängt erblicken, während sie nach allen anderen Richtungen einzelner stehen. Alle Sterne dieses Systemes scheinen um einen gemeinschaftlichen (vielleicht mit einer Central-Sonne versehenen?) Mittelpunkt in jener größten Ebene zu kreisen, obschon von einer Änderung ihrer gegenseitigen Stellung zu einander nur wenige Spuren bemerkt werden konnten (daher **Fixsterne,** feste Sterne), was in der Kleinheit der Winkel, unter welchen uns diese Bewegungen in so ungeheuren Fernen erscheinen müssen, und in der Kürze der Zeit (noch nicht **1** Jahrhundert) seinen Grund hat, während welcher wir sie genauer beobachteten. Ein bei den Kometen unseres eigenen Sonnensystemes unten anzuführendes Beispiel kann dieß erläutern. —

[1]) Es ist hier nicht der Ort, uns in dem unermeßlichen Gebiete des astronomischen Wissens zu verlieren, noch in die innersten Tiefen dieser Wissenschaft hinabzusteigen. Ich beschränke mich, aus ihr eine Reihe von Gesetzen und Thatsachen zu entlehnen und in ihrem Zusammenhange vorzutragen, ohne sie von Grund aus beweisen zu wollen, und empfehle denjenigen meiner Leser, welche selbst tiefer in diese Wissenschaft einzudringen wünschen, das Studium von „Littrow's Wundern des Himmels oder gemeinfaßlicher Darstellung des Weltsystemes (III Bde. 8. Stuttgart 1834—1836, nebst Zusätzen 1837), da dieses Buch unter allen, die in verwandter Absicht geschrieben sind, dem neuesten Stande unsrer Kenntnisse und demjenigen wissenschaftlichen Standpunkte, den wir bei unseren Lesern allgemein voraussetzen, am meisten entsprechen dürfte, und da ich selbst ihm einen Theil der nachfolgenden Materialien entlehnt habe.

Diese Sterne sind gewöhnlich einfach, andere doppelt (**Doppelsterne**), die man sich um einander drehen sieht; manche sind von einer eigenthümlichen Nebelhülle umgeben (**Nebelsterne**); einige erscheinen und verschwinden periodisch an derselben Stelle. Die Anzahl aller sichtbaren Fixsterne beträgt nach verschiedenen Schätzungen 100 — 600 Millionen; aber jede Verbesserung unsrer Fernröhren läßt uns noch eine Menge neuer erkennen. — Rücksichtlich ihrer Größe können wir nur behaupten, daß alle viel, und auch die deutlichsten (nächsten) schon 6000mal, größer als unsre **Sonne** seyn müssen, die uns nur als der nächste Fixstern auch als der größte von allen erscheint. — Die Abstände der am nächsten beisammen befindlichen werden auf je 1—400 Sternen-Weiten, jede von 4 Billionen deutscher Meilen, berechnet.

§. 4. **Andre Weltsysteme.** A. Wie unermeßlich groß aber auch dieses System ist, so müßte es doch in einer hinreichend großen Entfernung gesehen zuletzt nur unter einem Winkel von wenigen Minuten, mithin nicht größer erscheinen, als viele sog. **Nebelflecken**, die wir am Himmel zwischen den Sternen hindurch erblicken. Einige von diesen besitzen ebenfalls eine Linsenform und lösen sich vor der stärksten unserer Fernröhren (Herschel besaß sie) in Sterne auf, welche äußerst dicht gedrängt und kaum von einander unterscheidbar sind. Ihre Entfernung von unsrem Systeme schätzt man auf 10,000 Sternen-Weiten, wo unser eignes Weltsystem kaum noch unter einem Winkel von 1 Sekunde erscheinen würde. Sie mögen jedes eine ähnliche Bewegung besitzen, wie dieses.

B. Andre **Nebelflecken** (deren man im Ganzen 2000 kennt), die sich auch vor dem best-gewaffneten Auge nicht weiter in Sterne zerlegen lassen, bestehen vielleicht aus einer noch im Weltraume vertheilten Materie, welche im Begriff ist, sich zu Weltkörpern zu gestalten. Sollten aber auch sie noch entfernte Welt-Systeme seyn, so wäre ihre Entfernung so groß, daß ihr Licht unsre Erde erst nach 1 Million Jahren erreicht haben könnte.

§. 5. Den **Weltraum** selbst denken sich die Physiker mit einem nicht wägbaren Äther erfüllt, dessen Undulationen geeignet seyen, das Licht fortzupflanzen u. s. w., ohne auf die Bewegung der Sterne hemmend einzuwirken. Seine Temperatur wird zu — 50° Cels. von Fourier, oder noch tiefer angenommen, da auf der

Erde selbst Temperaturen von 56° und 62°, ja selbst 69° (?) beobachtet worden sind [1]).

C. Unser Sonnen-System.

a. Im Ganzen.

§. 6. **Bestandtheile.** A. Unter allen Fixsternen ist, wie erwähnt, die Sonne uns am nächsten: wir sehen sie daher viel größer, obschon sie unter den sichtbaren der kleinste ist; wir kennen sie und ihre Umgebung am genauesten; sie übt auf uns selbst am meisten Einfluß. Sie bewegt sich ununterbrochen um ihre Achse (**rotirt**) und ist umgeben von einer Gruppe viel kleinerer Sterne, welche ebenfalls rotiren und sich zugleich in wenig verlängert elliptischen Bahnen um die Sonne bewegen, weßhalb sie **Planeten** (Schweifer, **Wandelsterne**) genannt werden. Daher ändern sie ihre Stellung gegen einander und gegen die Fixsterne fortwährend; besitzen auch kein eigenes, sondern nur das von der Sonne auf sie fallende und von ihnen reflektirte Licht. Die **Erde**, welche wir bewohnen, ist einer dieser Planeten. — Da sie verhältnißmäßig klein und nur schwach und auf der der Sonne zugekehrten Seite allein beleuchtet sind, so sind sie auch nicht in allen Richtungen und nicht in so großer Entfernung sichtbar, als die Fixsterne; wir halten sie deshalb, ihrer Nähe ungeachtet, mit freiem Auge kaum für so groß als diese, oder erblicken mehre von ihnen selbst nur mittelst der Fernröhren. Auf diese Weise ist es wahrscheinlich, daß auch die übrigen Fixsterne mit solchen kleineren Sternen umgeben sind, die wir aber ihrer Ferne und Kleinheit wegen selbst durch die Teleskope nicht sehen.

B. Manche von diesen Planeten sind wieder mit weit kleineren Begleitern, **Neben-Planeten, Satelliten** oder **Trabanten** versehen, die sich ebenfalls rotirend in elliptischen Bahn-Linien um sie, und mit ihnen um die Sonne bewegen, mithin eine dreifach zusammengesetzte Bewegung besitzen. Auch sie haben kein eigenes Licht, und da sie alle genau in der Zeit sich einmal um ihre Achse drehen, worin sie um ihren Planeten kreisen, so kehren sie diesem die eine Seite beständig zu, die andre beständig ab, was in Beziehung auf die Sonne weder bei den Planeten noch bei ihnen

---

[1]) Vgl. Svanberg im Jahrb. d. Mineral. *1831*, 209.

der Fall ist. Der **Mond** ist der zu unsrer Erde gehörige Begleiter, welcher uns seiner geringen Entfernung wegen nach der Sonne als der größte Himmels-Körper erscheint. Oft gebraucht man die Ausdrücke **Monde** und **Erden** statt Satelliten und Planeten.

C. Eine dritte Klasse von Himmelskörpern unseres Systemes sind die **Kometen** oder **Schweif-Sterne,** welche sich in lang elliptischen Bahnlinien um die Sonne bewegen, von viel lockerer Beschaffenheit als die vorigen zu seyn scheinen und sie an Zahl weit übertreffen. Viele besitzen einen Licht-Schweif.

§. 7. **Anordnung.** Die Bahnen aller dieser Körper liegen in nur wenig zu einander geneigten Ebenen, welche sich alle im Mittelpunkte der Sonne schneiden; nur die Bahnen der 4 sogenannten neuen Planeten weichen stärker von den übrigen ab, und die der Kometen gehen von der Sonne aus nach allen Richtungen. Die Planeten erfüllen und durchlaufen somit ebenfalls einen sehr flachgedrückt linsenförmigen Theil unseres viel größeren linsenförmigen Weltsystemes. Die größte oder kreisförmige Durchschnittsfläche desselben enthält 500,000 Billionen Quadratmeilen, und die Sonne steht in deren Mitte, da die elliptischen Bahnen von Kreis-Linien wenig abweichen; der Uranus (§. 11) beschreibt mit seiner Bahn den äußersten der Kreise. Aber der großen Ausdehnung ungeachtet würde der Radius jener Fläche auf dem nächsten Fixsterne doch nur unter einem Winkel von 20 Sekunden, mithin viel kleiner, als für uns der Halbmesser des Jupiter (§. 11) erscheinen, wenn dieser uns am nächsten ist. Diesen linsenförmigen Raum unseres Sonnen-Systemes umgibt nach allen Seiten hin eine Sternen-leere, nur von Kometen in allen Richtungen durchwanderte Zone von fast 4,000,000 Millionen Meilen (daher **Sternenweite**), d. i. 9999 Radien jener Kreisfläche, Breite.

b. Die Sonne.

§. 8. **Räumliches.** Die Sonne beherrscht das ganze nach ihr benannte System durch ihre Anziehungskraft und durch ihr Licht.

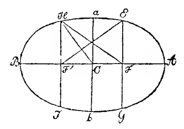
Sie ist gegen 700mal mächtiger, als alle Planeten ihres Systemes mit ihren Monden zusammengenommen. Ihr

Durchmesser	=	187.800	deutsche Meil. (1 Halbmesser = 94.000 M. in runder Zahl);
Oberfläche	=	111.000	Mill. Quadratmeilen;
Volumen	=	3.500	Bill. Kubikmeilen; = 1.300.000 Erden;
Dichte	=	0,27	von der der Erde;
Masse	=	341.000	Erden;
Entfernung von der Erde	=	20.665.800	Meil. (1 Sonnenweite = 20 Mill. Meilen rund);
Schwere der Körper . .	=	29fach	wie auf der Erde;
Siderische Rotationszeit	=	25,125	Erdentage.
Rotation von der Erde gesehen	=	27	Tage, weil die Erde sich während jener 25 Tage in gleicher Richtung nach O. fortbewegt hat.
Neigung des Äquators gegen die Ekliptik .	=	8°	(s. §. 11, D).

§. 9. **Bewegende Kraft.** Die runden und elliptischen Bahnen der Himmelskörper sind die Folge 1) eines einmaligen auf dieselben erfolgten Stoßes, der sie nun überall durch den Himmels-Raum mit gleichbleibender Schnelligkeit geradeaus treiben würde, da in diesem kein Hinderniß ist, das sie in ihrem Laufe aufhielte, keine Reibung, die sie zu überwinden, keine wägbare Materie, die sie zu durchdringen haben, — und 2) der fortdauernden Anziehungskraft eines anderen viel größeren Himmelskörpers auf sie, welche dieselben immer wieder gegen diesen seitlich zurückzieht und somit von der geraden Bahn beständig in die bogenförmige und endlich die in sich selbst zurückkehrende Kreisbahn ablenkt. Beide Kräfte müssen aber in einem bestimmten Verhältnisse zu einander stehen, um dieses zu bewirken; denn ist der erste Stoß zu stark gewesen, so entfernt sich der gestoßene Körper immer weiter von dem anziehenden, ohne daß dieser ihn zurückzubringen vermögte; ist aber die Anziehungskraft zu stark, so nähert sich der gezogene Körper dem anziehenden immer mehr und fällt in immer kürzer werdenden Kreisen — in einer Spirallinie — in denselben hinein. Diese Anziehungskraft steht im Verhältnisse mit der anziehenden Masse, d. i. der Summe der darin enthaltenen Massetheilchen, also zugleich dem Umfang und der Dichtheit des anziehenden Körpers; — sie wirkt um so stärker, auf je kleinere Entfernung sie geht, und zwar nimmt sie mit dem Quadrate dieser Entfernung ab (d. i. in doppelter Entferung 4fach, in 3facher Entfernung 9fach u. s. w.). Welches die Ursache des ersten Stoßes gewesen, ist uns unbekannt

(vergl. §. 34, B); aber der anziehende Körper ist für die Planeten und Kometen immer die Sonne, für die Satelliten sind es die Planeten; diese Körper stehen immer in einem Brennpunkte der elliptischen Bahn der um sie kreisenden [1]).

[1]) Man beschreibt bekanntlich einen **Kreis**, indem man das eine Ende eines Fadens an einem auf einer Fläche feststehenden Stifte, das andere an einen Bleistift befestiget, den man schreibend rings um jenen ersten, als um einen **Mittelpunkt**, bei straff gespanntem Faden herumführt. —



Man beschreibt ebenso eine **Ellipse**, wenn man jenen Mittelpunkt in 2 trennt, welche dann **Brennpunkte** (FF') genannt werden, und im Übrigen ebenso verfährt: d. h. wenn man in einiger Entfernung von einander 2 Stifte und daran mit beiden Enden einen Faden befestigt, der länger ist, als ihr Abstand, aber alsdann durch den Bleistift gegen einen seitlichen Punkt hin straff gespannt wird, von wo aus man den Bleistift in so großer Entfernung, als die Länge des immer gespannten Fadens erlaubt, um beide Brennpunkte (nicht zwischen hindurch) herumführt. Eine gerade Linie durch die 2 Brennpunkte bis zu den 2 Scheiteln A und B der elliptischen Linie verlängert, bildet dann die **große Achse** oder **Scheitel-** oder **Absiden-Linie** (AB), in deren Mitte der **Mittelpunkt** C liegt, durch welchen rechtwinkelig zu erster die **kleine Achse** a b gedacht wird. Der Abstand eines Brennpunktes vom Mittelpunkt (FC = F'C) heißt die **Exzentrizität**. Der vom Mittelpunkt aus gezogene **Radius** Ca, CH, CB, behält diesen Namen überall; der vom Brennpunkte aus gezogene FA, FE, FH, FB, F'B, F'H, F'E, F'A heißt **Radius vector**. Bewegt er sich mit seinem äußeren Ende etwas voran um den Mittelpunkt, so bildet er in seiner späteren Stellung FH mit der früheren Lage FE und dem dazwischen eingeschlossenen Stücke der Peripherie EH ein Dreieck; man sagt dann: **er beschreibt eine Fläche** (FHE). Je weiter man beide Brennpunkte auseinander gebracht, desto länglicher wird auch die Ellipse, und je kürzer nun der Faden ist, desto näher kommen jene an die Peripherie zu liegen.

§. 10. **Sonnenlicht.** **A.** Während uns scheint, daß der Sonnenkörper selbst sein Licht zu uns sende, entdecken die Astronomen bloß eine leuchtende Atmosphäre um denselben, in welcher oft große und kleine dunkle Flecken (**Sonnenflecken**) entstehen und vergehen, durch welche sie auf den dunkeln Kern der Sonne selbst hinab zu blicken glauben, und ersinnen Hypothesen, wie beide mit einander vereinbar seyen. Das Licht der Mittagssonne verhält sich zu dem eines unsrer hellen Tage und zu dem von der Erde entlehnten des Vollmondes = **300.000 : 90.000 : 1**; indem jenes Licht mit dem Quadrate der Entfernung von der Sonne abnimmt (in **2**—**4**facher Entferung nur noch $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{16}$ so stark ist u. s. w.) Es durchläuft

in **1** Sekunde **41.900** Meilen,
„ „ Stunde **151** Millionen Meilen,
„ „ Tag **3.620** „ „

B. Wo dasselbe auf andere Körper fällt, da entwickelt es **Wärme**, welches Vermögen daher ebenfalls mit dem Quadrate der Entfernung abnehmen muß. Inzwischen werfen glatte und hellfarbige Oberflächen einen größeren Theil des auffallenden Lichtes ganz zurück, leuchten daher selbst stärker, aber erwärmen sich weniger, als rauhflächige und dunkle Körper; — durchsichtige lassen einen Theil der Lichtstrahlen durch sich hindurchgehen und werden daher durch diese ebenfalls nicht erwärmt; nur die eingesogenen oder verschluckten, aber weder die zurückgeworfenen noch die durchfallenden Strahlen besitzen jenes Vermögen, zu erwärmen. Einen dichten, durchsichtigen oder undurchsichtigen Körper, der mehr Massetheilchen im nämlichen Raume enthält, erwärmen sie stärker, als lockere. Dasselbe Sonnenlicht wird daher mit ungleicher Stärke erwärmen: Luft, Wasser, durchsichtige und undurchsichtige, lockere und dichte Körper. Von dem Erwärmungs-Grade hängt der starre oder flüssige, tropfbare oder elastische, der mehr ausgedehnte oder zusammengezogene Zustand der verschiedenen Materien ab, des Wassers, wie der Metalle, Erden u. s. w. Endlich je senkrechter die Sonnenstrahlen auf eine Fläche fallen, desto dichter treffen sie zusammen; bei schiefem Einfallen muß sich dieselbe Anzahl auf eine größere Fläche vertheilen und kann daher weniger Wärme entbinden. Ist der Körper wenigstens etwas durchsichtig, so werden die schief auf seine Oberfläche treffenden Strahlen hier von ihrer geraden Richtung abgeleitet und um so stärker gegen den Körper einwärts

gebrochen, je dichter er ist (**Refraktion**); dagegen auswärts in ihn gebrochen, wenn er minder dicht als das Medium ist, worin sie zu ihm gelangten.

C. Das Sonnenlicht besitzt aber außerdem noch die Kraft, als **Reitzmittel** belebend auf organische Körper zu wirken. Sein Einfluß auf die verschiedenen Weltkörper des Sonnen-Systems muß daher nicht nur sehr ungleich seyn je nach deren eigenthümlicher, sondern auch nach dem Wechseln ihrer Entfernung.

c. Die Planeten überhaupt.

§. 11. **Gesetze.** A. Man kennt 11 Planeten, welche alle auf das Strengste denselben Gesetzen der Anziehung, Form, Bewegung u. s. w. unterworfen sind, obschon jeder eine andere Größe, Dichte, Abstand von der Sonne, andre Verhältnisse der Bahn, Schnelligkeit der Bewegung u. s. w. besitzt. Nur muß man, was den Abstand betrifft, die sogenannten 4 neuen Planeten als durch Trennung eines einzigen entstanden betrachten, da ihre Bahnen wirklich sich fast in einem Punkte schneiden und von da aus unter stärkeren Winkeln, als die der übrigen Planeten, nach verschiedenen Richtungen auseinander weichen.

B. Die **Abstände der Planeten von der Sonne** folgen einer bestimmten Progression. Wenn man nämlich den Abstand des der Sonne zunächst befindlichen = 4 setzt und alle nach ihrer Folge numerirt, so erhält man folgende Abstände-Reihe:

1 Mercur	$= 4$	=	4	berechneter,	4,0	wirkl. Abstand.
2 Venus	$= 4 + 1 \times 3 =$		7	„	7,5	„ „
3 Erde	$= 4 + 2 \times 3 =$		10	„	10,3	„ „
4 Mars	$= 4 + 4 \times 3 =$		16	„	15,7	„ „
5 Neue Pl.	$= 4 + 8 \times 3 =$		28	„	27,0	„ „
6 Jupiter	$= 4 + 16 \times 3 =$		52	„	53,7	„ „
7 Saturn	$= 4 + 32 \times 3 =$		100	„	98,6	„ „
8 Uranus	$= 4 + 64 \times 3 =$		196	„	195,6	„ „

C. Alle bewegen sich in wenig verlängerten **elliptischen Bahnen**, deren einen Brennpunkt die Sonne einnimmt, in deren Mittelpunkt daher die Brennpunkte aller liegen. (Zweites Kepler'sches Gesetz.)

D. Alle Bahnen liegen beinahe in einer und derselben Ebene mit der Erdbahn, **Ekliptik**; sie bilden mit ihr kleine Winkel von

1 — 7°, und nur die neuen Planeten solche von 7° — 35°, nach verschiedenen Seiten (zur Erklärung s. §. 34).

E. Alle Planeten kreisen und rotiren mit ihren Monden **rechtläufig**, d. h. von West nach Ost um die Sonne, wie diese selbst rotirt (zur Erklärung vgl. §. 34 B).

F. Die **Geschwindigkeit** eines Planeten auf verschiedenen Punkten seiner Bahn ist bedingt vom Quadrate seiner Entfernung von der Sonne; — oder bestimmter ausgedrückt: das Produkt aus der Geschwindigkeit in das Quadrat der Entfernung ist auf allen Punkten der Bahn gleich (erstes Gesetz Kepler's); — oder: die Flächen, welche der Radius vector des Planeten in jeder kleinen Zeit beschreibt (§. 9, Note), bleiben für gleiche Zeiten eine beständige Größe; mithin verhalten sich die Flächen des Radius vector wie die Zeiten, in welchen sie beschrieben werden. Aber für jeden andern Planet ist diese konstante Größe eine andre.

G. Bei allen Arten von Himmels-Körpern unsres Sonnen-Systemes (auch den Kometen) verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten, wie die Würfel der großen Achsen ihrer Bahnen: die Dichte und sonstige individuelle Beschaffenheit mag nun seyn, welche sie wolle (drittes Kepler'sches Gesetz).

H. Die Massen unsrer Planeten und Trabanten sind gleich dem Würfel ihrer Entfernung vom Haupt-Körper getheilt durch die Quadrate der Umlaufs-Zeiten, wenn die Masse des Hauptkörpers = 1 gesetzt wird (Newton'sches Gesetz).

d. Die Erde insbesondere.

§. 12. **Zusammensetzung, Dichte.** A. Der jetzige Erdkörper besteht, so tief wir ihn kennen, hauptsächlich aus starren Erd- und Metall-Stoffen mit unwesentlichen organischen und andern Beimengungen, und aus einer bei weitem geringeren Menge tropfbar- und elastisch-flüssiger Theile, deren **Dichte** oder **Eigenschwere** gegen das Wasser genommen von 20 abwärts bis 0,00008 und weiter verschieden ist. Die Gesteine aber, welche bei Weitem den größten Theil dieser Masse ausmachen und mithin deren Dichte oder Eigenschwere hauptsächlich bestimmen, besitzen eine mittle Dichte von 2,5 bis 3,0, welche nur bei einigen durch Metall-Beimengungen noch etwas zunimmt, obschon auch einzelne Metall-Massen selbst von 7,2 vorkommen. Diese unmittelbaren Beobachtungen beziehen sich

jedoch nur auf eine oberflächliche Schichte von 1—1½ Meilen Dicke. Als ein Mittel aus schwierigen physikalischen Versuchen und Berechnungen aber hat man die Eigenschwere des Erdkörpers im Ganzen genommen = 4,85 (oder fast = 5) des reinen Wassers gefunden. [Die neuesten und genauesten Versuche von Reich mittelst der Drehwage geben die mittle Dichte zu 5,44 an [1]). Es müssen daher im Inneren noch dichtere Stoffe vorhanden seyn, ohne daß man deshalb folgern könnte, daß dort nicht auch ansehnliche Höhlen vorkämen [2]).

B. Die bekannten **flüssigen Bestandtheile** sind verhältnißmäßig so leicht und so wenig, daß sie bei dieser Berechnung des Ganzen nicht in Anschlag kommen können, da das Wasser mit einer Eigenschwere = 1 nur die Vertiefungen der Oberfläche ausfüllt, und die Luft mit ihren Dünsten, welche unten eine Dichte = 0,001208 besitzt, nach oben immer dünner wird. Nach ihrem Drucke auf die Quecksilbersäule würde sie bei gleich bleibender Dichte eine 1 Meile hohe Schichte bilden; vermöge ihrer Elastizität verliert sie sich aber nach oben so allmählich, daß sie schon in 2 Meilen mit bloß $\frac{1}{8}$ ihrer unteren Dichte für unsre Sinne unbemerkbar und für jeden Athmungs-Prozeß ungenügend, in 17 Meilen mit keinem Instrumente mehr erkennbar ist, wo dann die zunehmende Kälte ihrer endlosen Verdünnung Grenzen setzen mag.

§. 13. **Größe, Attraktion und Form.** A. Die Form der Erde ist die einer **Kugel** von 1718,8 Meilen oder 19.631.114′ Paris. Durchmesser, von 5400 Meil. Umfang, 9.280.000 Quadratmeilen Oberfläche und 2660 Mill. Kubikmeilen Ausdehnung. Berechnet man das Gewicht von eben so vielen Kubikmeilen Wasser und multiplizirt es mit obigem Ausdrucke 4,85, so erhält man das absolute Gewicht der Erde. Die Lufthülle würde den Halbmesser um nur 0,01 oder nach andrer Berechnung 0,001 verlängern können.

Jene Kugelform ist wieder die Folge der allgemeinen **Anziehung** oder **Attraktion** der Bestandtheile der Erde gegen einander (§. 3, B). Daher **fällt** auch, wie wir wissen, jeder Körper an der Erdoberfläche, sobald er seiner Unterstützung beraubt wird, in dieser Richtung. Aus der Richtung dieses Falles erkennt man die Gegend, wo der Mittelpunkt der Erde liegt. Da, wie

[1]) Versuche über die mittle Dichtigkeit der Erde, Freiberg 1838.

[2]) Das Ausführliche vgl. in „v. Leonh. Geogn. u. Geol." S. 522—523.

schon erwähnt, die Anziehungskraft im Verhältnisse steht zur Größe der anziehenden Masse und umgekehrt zum Quadrate der Entfernung und mithin $= \frac{M}{E^2}$ ist, so erklärt sich, warum zwei kleine Körper so fast gar nicht auf einander wirken, und warum ein und derselbe Körper um so leichter, je weiter er von der Erde entfernt ist. Man würde so durch Vergleichung des Gewichtes eines Körpers an verschiedenen Orten des Weltraums seinen Abstand von der Erde berechnen können. Ein frei gegen die Erde fallender Körper nähert sich, da seine anfängliche Geschwindigkeit durch den fortdauernden Einfluß der mit der Annäherung zunehmenden Attraktion stets vermehrt wird, der Erde mit zunehmender Geschwindigkeit, welche, ohne anderweitige Störung, am Ende der ersten Sekunde = 30'2068 Par. beträgt. Da mithin am Anfang der zweiten Sekunde der fallende Körper diese Geschwindigkeit schon besitzt und die anziehende Kraft auf's Neue und unausgesetzt auf ihn wirkt und wegen seiner Annäherung zum ziehenden Körper zunimmt, so erfolgt der weitere Fall in einer beschleunigten Progression nach folgendem Gesetze: Es ist nämlich (abgesehen von den Dezimalstellen) in der

Zeit.	Geschwindigkeit.	Größe des Falles.
1. Sek.	= (1) 15 od. 15' = a	a = 1 . 15' od. 1^2 15' = 15'.
2. „	= (1 + 2) 15 „ 45' = b	a + b = 4 . 15' „ 2^2 15' = 60'.
3. „	= (1 + 4) 15 „ 75' = c	a + b + c = 9 . 15' „ 3^2 15' = 135'.
4. „	= (1 + 6) 15 „ 95' = d	a + b + c + d = 16 . 15' „ 4^2 15' = 240'.

Da dieses an der Oberfläche der Erde, also 1 Erd-Halbmesser vom Mittelpunkt entfernt, giltig ist, so würde nach dem Gesetze von der Abnahme der Anziehungskraft nach dem Quadrate der Entfernung (§. 9) der Fall in der ersten Sekunde seyn

bei 2 Halbmesser Abstand $= (\frac{1}{2})^2$ 15 $= \frac{1}{4}$. 15'
„ 3 „ „ $= (\frac{1}{3})^2$ 15 $= \frac{1}{9}$. 15
„ 4 „ „ $= (\frac{1}{4})^2$ 15 $= \frac{1}{16}$. 15 u. s. w.

und daher jedes weitre Verhältniß leicht berechnet werden können. Ein Beispiel einer solchen Berechnung wird beim Monde folgen; vgl. §. 25 Anmerkung.

B. Alle Materie wird aber auch von der Erde mit um so größerer Kraft angezogen, je dichter sie ist oder je mehr anziehbare

Theilchen im nämlichen Raume solche enthält. Daher findet man auch die dichteste zu unterst, das minder dichte Wasser darüber, die Luft mit den Wasserdünsten als oberste oder äußerste Schichte auf den vorigen; sie selbst wird um so weniger dicht, je weiter sie von der Erde entfernt ist. Daß aber auch im festen Erdkerne selbst, in dessen Innres wir nicht blicken können, schwerere Massen gegen die Mitte hin liegen müssen, als die in dessen Rinde sind, erhellt aus der Eigenschwere der ganzen Erdmasse (§. 12 A).

C. Ist die Erde wirklich kugelförmig, so muß sie auch einmal flüssig gewesen seyn, damit alle ihre Theile so genau dem Gesetze der Attraktion gemäß sich ablagern konnten; ist sie es nicht genau, so würden ihre flüssigen Hüllen, Wasser und Luft, wenigstens noch jetzt im Stande seyn, jener Kraft zu folgen.

§. 14. **Rotation und Form.** A. Die Erde dreht sich täglich einmal um ihre Achse und verwandelt dadurch die Kugelform in ein sogenanntes **Revolutions-** oder **Rotations-Sphäroid,** indem die durch jene Drehung entstehende **Zentrifugalkraft** der Zentripetalkraft entgegenwirkt. Bei dieser Achsendrehung beschreiben nämlich alle die Erde zusammensetzenden Theilchen täglich einen Kreis um die Achse, welcher um so größer seyn muß, um einen je längeren Radius das Theilchen von der Achse entfernt steht. Da nun der längste Radius der Erde, ihr Halbmesser, 859 Meilen ist, welchem ein größter Kreis von 5400 Meilen entspricht (der **Aequator,** der von beiden **Polen** gleichweit entfernt ist, und die Erde in eine **nördliche** und **südliche Halbkugel** theilt), so haben alle Punkte, die in diesem größten Kreise der Oberfläche liegen,

in 1 Sekunde = 0,0625 Meil. od. 1430′ (genauer 1427′6 Par.[1])
in 1 Minute = 3,75 „
in 1 Stunde = 225 „
in 1 Tag = 5400 „

zurückzulegen, während alle nur eine Meile von der Achse entfernten Theile täglich blos 6,28 Meilen und die in ihr liegenden gar nichts zurückzulegen haben. Es müssen demnach alle im Kreise um die Achse geschwungenen Theile durch diesen Umschwung eben

[1]) Für die übrigen geographischen Breiten berechnet man die Umdrehungs-Geschwindigkeit eines Punktes in 1 Sekunde nach der Formel =

so wohl ein Bestreben erlangen, sich in der geraden Richtung der Tangente dieses Kreises und mit der einmal durch den Umschwung erlangten Geschwindigkeit (**Schwungkraft, Centrifugal-Kraft, Axifugal-Kraft**) von der Achse zu entfernen, wie ein in einer Schleuder umgeschwungener Stein. Dieses Bestreben muß aber um so stärker seyn, je größer der Kreis, den das Theilchen in gleicher Zeit zu durchlaufen hat, und da sich diese Kreise wie die Radien oder Abstände von der Achse verhalten, so ist der Unterschied in obigen **3** Beispielen, oder sind die Extreme auf der Erdoberfläche = **0**:**859**; oder es nimmt in den parallelen Kreisen zwischen dem Äquator und den Polen die Rotations-Schnelligkeit und Zentrifugalkraft von **859** bis auf **0** ab, und kommen alle Zwischen-Grade zwischen diesen Extremen vor. Wie daher die Zentripetal-Kraft die Theilchen nach dem Mittelpunkt der Erde zieht, so entfernt sie die Zentrifugalkraft von der Achse und würde daher besser **Axifugalkraft** heißen. Beide wirken sich unter dem Äquator direkt entgegen, und die letzte vermindert die Schwerkraft um ihren ganzen eigenen Betrag; gegen die Pole hin werden aber beide immer schiefer zu einander gerichtet und stehen am Pole selbst ganz rechtwinkelig zu einander, heben sich daher an den Zwischenstellen immer weniger und an den Polen gar nicht mehr auf, sondern wirken beide in ihrer ganzen Stärke in verschiedenen Richtungen. Da nun die Zentrifugalkraft von den Polen zum Äquator zunimmt an Stärke sowohl als an der Schwerkraft entgegengesetzter Richtung, so vermindert sie die letzte gegen den Äquator hin in doppeltem Betracht. Man berechnet aber die Stärke der Zentrifugalkraft für den Punkt irgend eines Parallel-Kreises nach der Formel: $\frac{39{,}4784 \times \text{Radius}}{(\text{Umlaufszeit})^2}$, wenn man den Radius in Fußen und die Umlaufszeit von **24** Stunden in Sekunden ausdrückt. Um so viel

1427'6 $\times \cos \varphi$, wo φ die geographische Breite eines Ortes bezeichnet, deren Cosinus der Perpendikel desselben bis zur Erd-Achse ist. Darnach sind die Rotations-Geschwindigkeiten in

0° Br. = 1427'6		50° Br. = 917'6	
10° „ = 1405'9		60° „ = 713'8	
20° „ = 1348'2		70° „ = 488'2	
30° „ = 1236'3		80° „ = 247'9	
40° „ = 1093'6		90° „ = 0	
45° „ = 1009'4			

nun, als in jedem Parallel-Kreise die Zentripetal-Kraft durch die Axifugal-Kraft geschwächt wird, um so viel durften auch, als die Erdtheilchen noch alle flüssig waren, solche sich in jedem Parallel-Kreise weiter über die regelmäßige Kugel-Fläche von der Achse aus entfernen, mithin an den Polen gar nicht, unter dem Äquator am meisten. Inzwischen macht die Zentrifugalkraft immer nur eine sehr kleine Größe gegen die Zentripetalkraft aus, und nach obiger Formel würde die Zentrifugalkraft am Äquator $\frac{39{,}4784 \times 19.630.000'}{86.400^2}$ $= 0'1040$ seyn, was, da nach §. 13 der Fall $= 30'2068$ in 1 Sekunde beträgt, fast $= \frac{1}{289}$ des Falles ausmacht, der mithin am Äquator auf $(30'2068 - 0'1040) = 30'1028$ vermindert würde, am Pole aber unverändert bleibt.

B. Somit beträgt die Verkürzung der Erd-Radien in der Richtung der Achse gegen die des Äquators genommen auch $\frac{1}{289}$ (nach andern Berechnungs-Arten $\frac{1}{277}$ bis $\frac{1}{334}$ [1]). Ganz neulich hat Bessel aus 10 Meridian-Messungen die Verkürzung auf $\frac{1}{300}$ im Mittel berechnet [2]). Die Achse hat 1713,10, der Äquator-Durchmesser 1718,88 Meilen Länge, so daß die Abplattung an jedem Pole fast 3 Meilen ausmacht. In den Zwischen-Richtungen haben die Durchmesser verhältnißmäßige mittle Längen.

C. Wäre die Rotation der Erde 17mal schneller, mithin der Tag nur 1,4 Stunden lang, so würde die Schwungkraft der Zugkraft unter dem Äquator gleichkommen (da $17^2 = 289$) und sie ganz aufheben.

D. Der nach dem Mittelpunkt der Erde gerichtete Fall eines Körpers kann nun aber nicht mehr überall genau senkrecht zu seiner Oberfläche seyn, so wenig als die vom Mittelpunkt ausgehenden Radien; wenn auch die Oberfläche des Sphäroides selbst ganz regelmäßig wäre.

§. 15. *Folgerungen aus Vorigem.* **A.** Wären aber die Maase der Erde bei gleicher Masse einmal von den jetzigen verschieden gewesen, so ergibt sich aus dem Vorigen, daß jede Vergrößerung ihres Durchmessers durch Auflockerung auch ihre Massetheilchen und die Oberfläche und die nach derselben fallenden

---

[1]) Vgl. v. Zach im Jahrb. *1831*, 320; Geolog. u. Geogn. S. 515—516.
[2]) Jahrb. *1838*, 706.

Körper von ihrem Mittelpunkt entfernen, daher die Anziehung auf dieselben schwächen, sie leichter machen, ihren Fall vermindern mußte; — daß, da alle Theile dabei gleiche Geschwindigkeit wie jetzt besaßen, aber einen größeren Kreis zu beschreiben hatten, sie länger als 24 Stunden dazu bedurften, mithin der ganze Tag länger war; — daß, da bei der einst verminderten Schwere oder Anziehung die Schnelligkeit der Bewegung jedes Theilchens und mithin seine Tangental-Kraft die jetzige war, solche die Schwere unter dem Äquator um eine größere Quote verminderte als jetzt, mithin die Äquatorial-Gegenden höher hob, die Pol-Gegenden stärker abplattete, als dem jetzigen Durchmesser der Erde entspricht.

B. Seit ihrem Starrwerden kann die Erde ihre Drehungs-Achse nicht gewechselt haben, weil sonst die Abplattung nicht wirklich mit den Polen zusammenfallen könnte.

§. 16. **Tag und Nacht.** **A.** Da die Erde kein eignes Licht besitzt, so ist sie nur auf der der Sonne zugekehrten Seite beleuchtet und hat auf der von ihr abgewendeten nur das wenige, welches ihr die Fixsterne senden, oder zu Zeiten die übrigen Planeten und der Mond (§. 10 A) auf sie reflektiren. Da sie aber der Sonne gegenüber stehend um ihre Achse rotirt, so sehen allmählich alle Punkte ihrer Oberfläche, und zwar alle unter einem Meridian gelegene immer gleichzeitig, täglich die Sonne im Osten aufgehen, sich zu Mittag am höchsten erheben, dann wieder unter den Horizont hinabsinken und Dunkel erfolgen, wornach sie an der ersten Stelle 24 Stunden später wieder erscheint. So entsteht überall ein täglicher Wechsel von Licht und Dunkel, Erwärmung und Abkühlung, Ausdehnung und Zusammenziehung (Ausdünstungen und Niederschlägen, Belebung und Erschlaffung) von **Tag und Nacht.**

B. Inzwischen ist es immer etwas mehr als die Hälfte der Erdoberfläche, was die Sonne bescheint, so daß mithin der Tag immer etwas länger als die Nacht seyn müßte, theils weil der Durchmesser der Sonne größer als der der Erde ist, theils und hauptsächlich wegen der Einbiegung oder **Refraction** der Lichtstrahlen (§. 10, B). Diejenigen Sonnenstrahlen nämlich, welche am Rande der Erde vorbei, aber doch noch in und durch deren Atmosphäre gehen würden, werden bei diesem Durchgange ebenfalls von der Masse angezogen oder einwärts gegen die Erde gebrochen, und gelangen hiedurch noch zum Theile auf den unmittelbar hinter

der vorderen Hälfte gelegenen Theil der Erdoberfläche. Der Winkel, unter welchem die Strahlen so von ihrer geraden Linie abgeleitet werden, beträgt für die am stärksten gebrochenen = 0°33′, und der somit von der Sonne gleichzeitig, wenn auch nicht überall gleich vollständig, beleuchtete Theil 36° mehr als die Hälfte, mithin 180 + 36 = 216° von den 360° ihres Umfanges. Wenn somit die Sonnenstrahlen am ganzen Umfange der Erdkugel um 18° über deren Hälfte hinausreichen, so muß dieß auch an beiden Polen der Fall seyn, weshalb diese einen beständigen, die ihnen zunächst liegenden Gegenden aber doch einen verhältnißmäßig längeren Tag im Gegensatze der Nacht behalten werden. — Wie es aber komme, daß die Tage, im Gegensatz der Nächte, doch ungleich lang und in jeder Gegend bald länger und bald kürzer als die Nächte sind, wird sich aus den nächsten §§. ergeben.

C. Da eine Fläche, auf welche die Lichtstrahlen fallen, nur noch einen Theil davon erhält, wenn sie aus ihrer senkrechten Stellung zu denselben in eine schiefe übergeht (§. 10, B), so müssen die Peripherie des jederzeit von der Sonne beschienenen Theiles unsrer Kugel und insbesondre jene 18 weiteren Grade weniger erleuchtet und (was fühlbarer) auch weniger erwärmt seyn, als die Mitte desselben, weil dort die Strahlen fast nur in der Richtung einer Tangente eintreffen. Wenn aber unter dem Äquator am Morgen die Sonnenstrahlen schief eintreffen, so erreichen sie einen die Nacht hindurch abgekühlten Theil der Erde; wenn sie am Abend in eben so schiefer Richtung stehen, so scheiden sie von einer den Tag hindurch bei senkrechtem Einfallswinkel erwärmten Gegend, mithin bei einer viel höheren Temperatur.

D. Nach dem Theil der Peripherie aber, welcher gegen die Pole liegt, treffen sie immer nur schief, weshalb diese immer kälter bleiben müssen, obschon, nach dem vorigen, die Pole einen beständigen Tag hätten. Daher sich hier Eis und Schnee einen großen Theil des Jahres finden oder gar nicht mehr verschwinden.

E. Aus Allem geht hervor, daß die Temperatur, je weiter nach den Polen, auch um so mehr abnehmen müsse. Alle Punkte aber, die in gleicher Breite liegen, haben gleiche Temperatur und gleiche Einfallswinkel des Lichtes.

F. Wäre die Atmosphäre einmal höher, dichter und weniger durchsichtig als jetzt gewesen, so würde sie eine noch größere Anzahl

von Sonnenstrahlen und alle noch stärker als jetzt einwärts gebrochen, daher den Tag mehr ausgedehnt, aber auch der letzten Eigenschaft wegen mehr Licht in hohen Gegenden aufgehalten und verschluckt, dem Tag an Helle geschadet und aus sich selbst mehr, aus der Erdoberfläche weniger Wärme entwickelt haben.

§. 17. **Meteorische Folgen.** A. Welchen Einfluß der Tages-Wechsel aber auch auf die meteorischen Erscheinungen, Thau, Reif, Ausdünstung, Wolken, Nebel, Regen, Schnee, Eis, Luftströmungen, endlich sogar auf Quellen, Bäche u. s. w. haben müssen, ist §. 16 A. für unsern jetzigen Zweck schon genügend angedeutet.

B. Eine andere wichtige Erscheinung aber in der Lufthülle der Erde, veranlaßt durch die Rotation in Verbindung mit der stärkern Erwärmung der Erde am Äquator, wo die Sonnenstrahlen am meisten senkrecht auffallen, sind die **tropischen** oder „**Passat-Winde**“ (welch' letzten Namen man zuweilen auch den Indischen, mit der Jahreszeit veränderlichen **Moussons** gibt), welche nämlich einen großen Theil des Jahres hindurch in der Nähe des Äquators herrschen. Es ist oben erwähnt, daß die Rotations-Geschwindigkeit der Parallel-Kreise um so geringer ist, je näher am Pole oder je kleiner sie sind. Das ist mithin auch bei der Luft der Fall, welche an der Rotation theilnimmt. Wenn nun in Folge der stärkeren Erwärmung der Oberfläche in der Nähe des Äquators die Luftschichten fortwährend ausgedehnt und verdünnt, mithin leichter werden, so müssen sie in die Höhe steigen, und andre nicht so stark erwärmte Luftschichten strömen aus höheren Breiten von Norden und Süden herbei, um deren Stelle einzunehmen. Da sie nun diejenige langsamere Rotations-Bewegung mitbringen, die sie in höheren Breiten besessen, so bleiben sie hinter der schnellen Rotation der festen Erdtheile selbst in der Nähe des Äquators zurück und kommen somit an der nördlichen Seite als Nord-Ost-Wind, an der südlichen Seite als Süd-Ost-Wind an, welche die Seefahrer fast immer in 30° N. und 25° S. vom Äquator antreffen und zu ihren Reisen benützen. Dem Äquator näher gehen sie in einen Ostwind über, und wie diese Luftströmungen noch näher zum Äquator gelangen, finden sie Zeit bei der schwächeren Zunahme der Parallel-Kreise der Erdfeste sich die Schnelligkeit derselben ebenfalls anzueignen und werden daher am Äquator selbst in 5° N. B. bis 1° S. B. fast unmerklich und oft von

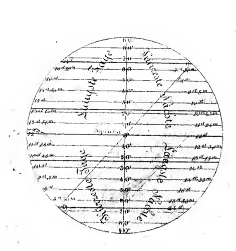
Windstille unterbrochen. — Die aufsteigenden heißen Luftschichten kühlen sich allmählich ab, werden wieder schwerer und müssen durch die nachsteigenden gedrängt seitwärts abfließen, indem sie mit zunehmender Abkühlung und Verdichtung sich fortwährend senken; so gelangen sie in Breiten, wie die des mitteln Europa sind, wieder zur Oberfläche und zwar wegen umgekehrter Verhältnisse als kühler Süd-West- und, auf der südlichen Hemisphäre, Nord-West-Wind.

§. 18. **Täglicher Einfluß der Sonne auf die Form der Erde.** Da die Sonne zu jeder Stunde des Tages einem anderen Meridian der Erde gegenüber steht, und ihm am Äquator um einen ganzen Erddurchmesser näher, als an der abgewendeten Seite ist, so muß ihre Anziehungskraft auch stärker auf ihn, als auf die andern wirken und um diesen Mehrbetrag diese Theile stärker gegen sich ziehen. Diese Anziehung rotirt aber um die ganze Erde, hebt sich mithin für alle Punkte derselben binnen 24 Stunden gegenseitig auf, und da sie wegen der verhältnißmäßig sehr unbedeutenden Differenz des Abstandes von der Sonne ($\frac{1}{12112}$) nur klein ist, so muß ihr Einfluß von jeher unmerklich gewesen seyn und äußert sich jetzt nur noch schwach in den Bewegungen, d. h. in der Ebbe und Fluth, des Meeres und der Luft, wovon beim Monde (§. 28) mehr die Rede seyn wird.

§. 19. **Nördliche und südliche Stellung der Sonne.** Die Sonne steht aber nicht unveränderlich, wie bisher angenommen worden, dem Äquator gegenüber, sondern entfernt sich von demselben wechselweise nach Norden und nach Süden bis zu 23° 27′ 28″ von demselben; oder vielmehr die Erde hebt und senkt sich in Beziehung auf die Sonne wechselweise, bis die Sonne jenen Breiten gegenübersteht. Eine vollständige solche Bewegung des Hebens und Senkens währt 365¼ Tag oder **ein Jahr**; — die Sonne scheint daher während dieser 365maligen Rotation der Erde ebenso viele Kreise um sie zu beschreiben, wovon jeder folgende vom Äquator aus etwas weiter nach Norden rückt, dann wieder zu diesem zurückkehrt und nach Süden geht, und eben so wieder zum Äquator umwendet. Sie kömmt daher binnen einem Jahre 2mal senkrecht über alle Punkte dieser Breiten zu stehen. In ihrem nördlichsten Stande scheint sie daher auch 23½° weiter über den Nordpol hinaus, als nach der bisherigen Annahme, und analog verhält es sich

in ihrem südlichsten; aber im ersten Falle reichen ihre Strahlen auch um 23½° weniger weit nach Süden u. s. w. Woher nun dieser Wechsel im Stande der Sonne rühre, wird aus den nächsten §§. klar werden. — Der Einfluß, den derselbe auf die Erde übt, ist nur unbedeutend in der Ebbe und Fluth zu erkennen.

§. 20. **Der Einfluß der Stellung auf Klima, Tageswechsel und Jahreszeiten** ist dagegen um so beträchtlicher. Wenn die Sonne immer im Äquator geblieben wäre, so würden hier Tag und Nacht bis auf den Betrag der Refraktion (§. 16, B) gleich lang, und das Verhältniß von Tag zu Nacht in gleichen Breiten beider Hemisphären auch gleicher Art geblieben seyn; es würde nämlich eben der Refraktion wegen der Tag gegen die Pole hin etwas mehr zugenommen haben, und zunächst um die beiden Pole selbst der Tag permanent geworden seyn. Stünde aber die Sonne senkrecht über dem Nordpol, so würde die nördliche Hemisphäre einen steten Tag, die südliche eine stete Nacht behalten, u. u.



Zwischen diesen beiden Extremen nun liegt die Wahrheit. Je weiter die Sonne in ihrem Stande nach Norden vorrückt, desto mehr müssen sich hier die Tage gegen die Nächte verlängern und auf der südlichen Halbkugel die Nächte gegen die Tage an Dauer wachsen. So weit die Sonne selbst bei Tag über den Nordpol hinaus scheint,

also die Nacht auf der andern Seite erhellt, so weit, vom Pol aus gerechnet, geht sie auch bei Nacht nicht mehr unter und bleibt daher ein andauernder Tag; eben so andauernd wird die Nacht in der andern Hemisphäre. Da aber die Sonne $23\frac{1}{2}^{0}$ weit vom Äquator geht (§. 19), so muß auch, ohne die Refraktion in Anschlag zu bringen, beim nördlichsten Stande die Sonne $23\frac{1}{2}^{0}$ weit über den Pol hinaus nicht mehr untergehen.

Damit tritt die in der Figur dargestellte Beleuchtung für die verschiedenen Breiten ein. Erreicht die Sonne ihren äußersten Stand in der südlichen Hemisphäre, so ist die Beleuchtung gerade umgekehrt.

B. Im Verhältnisse nun, als hiedurch nach den Polen hin die Tage länger werden gegen die Nächte, tragen sie zur Erhöhung der Temperatur und davon bedingten Erscheinungen bei und ersetzen hiedurch in gewissem Grade den höheren Stand der Sonne; — im Verhältnisse, als aber die Nächte gegen die Pole hin länger werden, muß auch die Kälte aus doppelter Ursache zunehmen. Dazu kömmt, daß wenn die Sonne in den höchsten Breiten verweilt, sie täglich kaum um einige Minuten nach Norden oder Süden vorrückt, während dieser Weg am Äquator bis 23 Minuten beträgt, ihr erwärmender Einfluß daher etwas vorübergehender seyn muß. Man findet den Ausdruck der bloß von der geographischen Breite abhängigen mittlen **Gesammtwärme** eines Ortes, wenn man die Zahl 13,7 mit dem Cosinus seiner doppelten Breite multiplizirt und zu 10,93 addirt. Dadurch entsteht nun für jede der 2 Hemisphären ein Wechsel von hellerer wärmerer Jahreszeit mit längeren wärmeren Tagen und kürzeren Nächten (**Sommer**) und von düsterer kälterer Jahreszeit mit kürzeren Tagen und längeren kälteren Nächten (**Winter**); den Übergang zwischen beiden machen der **Frühling**, in welchem die Sonne im Kommen, und der **Herbst**, wo sie im Gehen ist. Diese 4 Jahrszeiten währen, der Frühling mit dem 21. Mai beginnend, jede 3 Monate lang. Am Äquator selbst muß jährlich zweimal Sommer und zweimal Herbst oder Frühling seyn. — Wenn aber auf der südlichen Halbkugel Winter, muß auf der nördlichen Sommer seyn, u. u. — Aber die größte Wärme und Kälte erfolgt immer erst mit der Wieder-Abnahme der längsten und der Wieder-Zunahme der kürzesten Tage, weil die bisherige Temperatur des Ortes erst durch den neueren Stand der Sonne allmählich geändert werden muß, und zwar um-

so später (2—10 Wochen), je extremer das Klima. Natürlich hat alles dieses wieder den größten Einfluß auch auf die übrigen Veränderungen in der Atmosphäre.

C. Ein jährlich weitres oder weniger weites Entfernen der Sonne vom Äquator würde den Gegensatz der Tages- und Jahres-Zeiten auf beiden Halbkugeln auch größer oder kleiner machen (s. §. 22, D), indem der Sommer, wie er jetzt am Wende- und wie er am Polar-Kreis herrscht, weiter nach dem Pole rücken, aber des langen Weges der Sonne wegen kürzer werden würde; der Winter würde überall kälter werden. Entfernte sich die Sonne gar nicht vom Äquator, so würde Tag und Nacht aller Orten gleich lang und kein Unterschied der Jahreszeiten mehr seyn.

§. 21. **Zonen.** **A.** Die vorhin erwähnten Verhältnisse haben Veranlassung zur Eintheilung der Erdoberfläche in fünf klimatische Zonen gegeben, welche jedoch nur von dreierlei Art sind (vergl. d. Fig. in §. 22, A). Die **heiße oder tropische Zone**, welche eigentlich doppelt ist, geht vom Äquator aus $23\frac{1}{2}$° weit nach N. und eben so weit nach S., bis dahin nämlich, wo die Sonne in ihrer jährlichen Bewegung wieder gegen den Äquator umwendet; sie wird hier daher durch die idealen 2 **Wendekreise** oder **Tropen** begrenzt. Tag und Nacht sind immer fast gleich lang, und erreichen mit $13\frac{1}{2}$ und $10\frac{1}{2}$ Stunden ihre Extreme. Die ganze Oberfläche beträgt 3.700.000 Quadratmeilen.

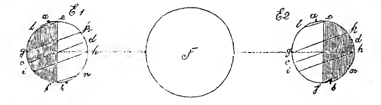
B. Die 2 **kalten Zonen** gehen von den Polen aus so weit nach dem Äquator herab, als die auf einer Seite am höchsten stehende Sonne ohne Refraktion über ihn hinaus in die andere Seite hineinscheint, mithin ebenfalls $23\frac{1}{2}$° weit; jede wird in $66\frac{1}{2}$° Breite von einem **Polarkreise** begrenzt. Die Sonne geht für einen um so größeren Theil desselben nicht mehr auf, je weiter sie vom Äquator in die andere Hemisphäre hinüber schreitet. Nur gegen die Grenze hin findet in den Frühlings- und Herbst-Zeiten noch ein Tages-Wechsel statt. Doch wird die Nacht durch Nordlicht und Schnee etwas erhellt. Die ganze Oberfläche beider = 800.000 □Meilen.

C. Die 2 **gemäßigten Zonen** liegen endlich auf jeder Hemisphäre zwischen Wende- und Polar-Kreis mit einer Breite von 43° und einem gemeinsamen Flächenraum von 4.800.000 □Meilen. Sie bekommen die Sonne nicht mehr senkrecht über sich. Tag oder

Nacht wechseln in denselben an der tropischen Grenze zwischen 10,5 und 13,5, nächst der Polar-Grenze aber zwischen 23 und 1 Stunde, je nach der Jahreszeit.

D. Eine geringere jährliche Entfernung der Sonne vom Äquator würde die heiße und die kalten Zonen verschmälern, die gemäßigten ausdehnen, u. n. (§. 20, C).

§. 22. **Erdbahn.** **A.** Die Erde bewegt sich jährlich einmal um die Sonne in einer elliptischen Bahn (§§. 3, 9 und 11), aber so, daß 1) die Ebene ihres Äquators nicht mit der Ebene dieser Bahn, **Ekliptik**, zusammenhält, sondern unter 23°5 dagegen geneigt ist, und daher halb über, halb unter der Bahnebene, — und daß 2) die Neigung der Äquator-Ebene und mithin auch die der Erdachse, welche auf ihr senkrecht steht, auf allen Punkten der Bahn nach gleicher Gegend gerichtet und völlig parallel bleibt. Stellt man sich z. B. die Achse **a b** und den Äquator **c d** nach links geneigt vor, so ist, wenn die Erde links von der Sonne steht, dieser



die südliche Halbkugel **c f b d** mehr als die nördliche **d e a c** zugewendet; erste nämlich mit dem Theile **f b d**, letzte nur mit **d e**; — wenn die Erde aber rechts von der Sonne steht, so ist ihr in gleichem Verhältnisse die nördliche mehr als die südliche Hälfte zugekehrt. In **E 1** steht die Sonne **S** senkrecht über dem 23,°5 südlicher Breite vom Äquator, und in **E 2** bei **g** ebenso weit nördlich. Nach einer halben Drehung der Erde wird in **E 1** auch der jetzt scheinbar tiefer stehende Punkt **i** an der Stelle von **h**, und in **E 2** der scheinbar höher stehende Punkt **k** an der Stelle von **g** seyn, und werden beide die Sonne senkrecht über sich haben, und so nach einer ganzen Umdrehung oder einem ganzen Tage alle in gleichem Kreise liegenden Punkte. Nimmt die Erde eine mittle Stellung zwischen **E 1** und **E 2**, also gerade vor oder hinter der Sonne ein, so steht die Sonne auch senkrecht in der Mitte zwischen dem 23° s. und 23° n. B., d. h. über dem Äquator,

und alle Punkte des Äquators müssen seiner schiefen Lage ungeachtet während einer Drehung oder eines Tages die Sonne fast ganz senkrecht über sich bekommen. — So erklärt sich also die schon §. 19 angegebene und nachher in ihren Folgen betrachtete nördliche und südliche Stellung der Sonne aus der Bewegung in ihrer Bahn mit schief geneigter Achse.

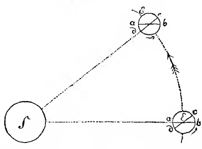
B. Es ist schon erwähnt, daß an unserem (nördlichen) längsten Sommertage die Sonne am weitesten, nämlich in 23,^{0}5 nördlich, an unserem kürzesten Wintertage eben so am weitesten südlich steht (§. 20, B), sie muß daher zweimal mitten zwischen beiden Zeiten, wo nämlich Tag und Nacht gleich lang sind, auch mitten zwischen beiden Punkten, d. i. im Äquator stehen, wie man das in der Wirklichkeit bestätigt findet. Diese vier Zeiten sowohl als Punkte heißen daher **Sommersolstitium, Herbstnachtgleichen, Wintersolstitium, Frühlingsnachtgleichen.** Die 2 Durchschnitts-Punkte der Äquator-Ebene mit der Erdbahn im Frühling und Herbst heißen der **auf-** und der **ab-steigende Knoten.**

C. Die Maas-Verhältnisse der Erdbahn sind folgende:

Halbe große Achse . . . . . } Mittle Entfernung von der Sonne }			. . . .	20.857.700 M.
Entfernung im Perihelium, Sonnennähe			. . .	20.530.000 „
„ „ Aphelium, Sonnenferne			. . .	21.230.000 „
Differenz beider Stellungen			. . . .	700.000 „
Exzentrizität gering, = 0,0168 der halben gr. Achse.				
Länge der Bahn			. . . .	131.000.000 „
Mittle Geschwindigkeit in der Bahn in				
1 Tag	=	0,986^{0}	=	358.700 „
1 Stunde	=	341.460.000 Fuß	=	14.946 „
1 Sekunde	=	94.850 „	=	4,7 „
im Perihel in 1 „	=	. . . .		4,28 „

D. Versetzt man sich in Gedanken auf die Sonne und sieht die Erde ihre fast kreisförmige Bahn um dieselbe beschreiben, so erblickt man hinter ihr in fast unendlicher Ferne allmählich im Laufe des Jahres alle Fixsterne stehend, welche in ungefähr gleicher Ebene mit der Bahn (**Ekliptik**) liegen, und welche demnach ein gutes Mittel abgeben, nicht nur die Strecke zu bezeichnen, um welche die Erde in ihrer Bahn vorgerückt ist, sondern auch den Punkt wieder zu erkennen, von welchem an man sie ihre Bahn beginnen

sah. Diesen Kreis hat man, wie man bei allen andern zu thun pflegt, in 360 Grade eingetheilt, mit denen man sich am Himmel, da man einmal weiß, welche Fixsterne in jeden Grad zu stehen kommen, leicht orientiren kann. Man fängt die Grade an derjenigen Stelle zu zählen an, wo sich die Erde zur Zeit der Frühlings-Nachtgleichen (B) befindet, was, bis auf eine Kleinigkeit, jährlich genau an demselben Punkte der Bahn geschieht. Da die Erde 365,25 Tage braucht, um diesen Kreis zu durchwandern, so beschreibt sie täglich einen Bogen von $\frac{360^0}{365,25} = 0^0 59' 8'' 34$ in ihrer Bahn.



Die Erde vollendet aber eine ganz vollständige Rotation (**Sternentag**), wenn derselbe Durchmesser **ab** wieder in eine zur anfänglichen parallele Lage kommt, wie es bei den Figuren **E** und **E¹** der Fall. Da der Abstand beider Stellungen **E** und **E¹** unter sich verschwindend klein ist gegen die Entfernung von den Fixsternen, so wird der Durchmesser **ab**, auswärts von der Bahn verlängert, in beiden Stellungen doch auf den nämlichen Fixstern treffen, — und es kann daher das genaue Gegenüberstehen des Punktes **b** gegen einen und denselben Fixstern als Zeichen einer vollendeten Rotation angesehen werden. Aber auf der entgegengesetzten Seite trifft der verlängerte Durchmesser **ba** dennoch nicht auf die Sonne, wie Fig. **E¹** zeigt, eben weil die Erde inzwischen auch in ihrer Bahn um den Abstand **EE¹** vorangerückt ist, gegen welchen die Entfernung der Sonne nicht als unendlich (wie die der Fixsterne) zu betrachten ist. Die Erde muß sich daher noch etwas weiter drehen, damit der Durchmesser **ba** in die Lage **cd** komme, wenn sie die Sonne in gleicher Richtung wie am vorigen Tage haben soll, d. h. um einen **Sonnentag** zu vollenden. Es folgt daraus, daß der Sternentag etwas kürzer, als der Sonnentag seyn müsse, und in der That

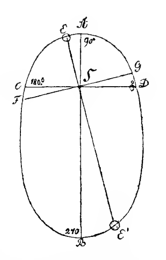
währt ersterer nur 23 Stunden, 56 Min., 4,091 Sek.; der Unterschied beträgt daher 3′55″909. Der Sonnentag kann aber, wegen kleinen Ungleichheiten in der Rotation, wieder ein **mittler durchschnittlicher**, oder ein **wahrer Sonnentag** seyn.

Wären beide Tage gleichlang, so müßte man in der Nacht auch die einmal beobachteten Sterne zur nämlichen Stunde immer wieder im nämlichen Meridian sehen, und in der That bemerkt man in 2 unmittelbar auf einander folgenden Nächten fast keinen Unterschied. Wenn aber ein Fixstern täglich um fast 4 Minuten unseres Sonnentages früher im nämlichen Meridiane erscheint, wie vorhin bemerkt, so macht dieß in einem Monate ungefähr 2 St., und mithin in einem Jahr 24 St. oder einen Tag aus; nach einem Jahre also muß derselbe Stern zur nämlichen Sonnentags-Stunde wieder im nämlichen Meridiane stehen, und das (**tropische**) Jahr enthält einen Sternentag mehr, als Sonnentage.

E. Bekanntlich haben schon die Alten die die Erdbahn (scheinbare **Sonnenbahn, Ekliptik**) umgebenden Sterne in 12 **Gestirne** vereinigt, denen sie großentheils Namen von Thieren beilegten, weßhalb man den ganzen Kreis **Thierkreis** nannte. Die 12 Gestirne, mit demjenigen beginnend, wo die Sonne damals zur Zeit der Frühlingsnachtgleichen stand, sind folgende: Widder, Stier, Zwilling; Krebs, Löwe, Jungfrau; Wage, Skorpion, Schütze; Steinbock, Wassermann, Fische. Jedes dieser Zeichen, deren Zahl mit der unserer Monate zusammentrifft, enthält 30° des Kreises der Ekliptik in sich. — Jedoch liegen die Frühlingsnachtgleichen heutigen Tages nicht mehr im Widder, sondern um 30° westlich in den Fischen (**Vorrücken der Nachtgleichen** oder **Aequinoktien**), worüber später.

F. Inzwischen ist die Erdbahn nicht ganz kreisförmig, sondern etwas elliptisch; die Erde steht daher nicht nur in verschiedenen Gegenden ihrer Bahn und zu verschiedenen Jahreszeiten ungleich weit von der Sonne ab, sondern bedarf auch etwas mehr Zeit, die dem Aphelium CBE¹D, als die dem Perihelium DAEC entsprechende Abtheilung derselben zu durchlaufen, weil jene länger und weil ihre Bewegung darin langsamer ist (§. 9); doch sind diese Unterschiede wegen der geringen Exzentrizität der Erdbahn nur klein. A und B seyen die Winter- und Sommer-Solstitialpunkte, C und D die Frühlings- und Herbst-Äquinoktialpunkte, E und E¹ das

Perihelium und Aphelium, **GEF** und **FE¹G** die entsprechenden Bahntheile.



α. Die Erde ist im Scheitel ihres Periheliums **E**, welche in 99°6 der Ekliptik liegt, am **1.** Jänner, d. h. gleich nach dem Wintersolstitium **A**; ebenso im Aphelium **E¹** am **1.** Juli.

β. Da sie mithin während ihres südlichen Standes, oder des Sommers der südlichen Hemisphäre, der Erde näher als während des nördlichen (unsrigen) Sommers ist, so muß der südliche Sommer etwas wärmer, als der nördliche, der nördliche Winter etwas wärmer, als der südliche seyn, welche Differenz jedoch nicht so bedeutend ist, daß sie nicht unter andern, später zu erwähnenden Wirkungen sich verlöre. Denn der Abstand im Aphelium ist **1,017**, im Perihelium **0,983**, die Differenz **0,034** der halben großen Achse, das Verhältniß der Entfernung $= \frac{1,017}{0,983}$, das der Beleuchtung und Erwärmung $\frac{1,017^2}{0,983^2} = \frac{1,03}{0,97}$, mithin nur **0,03** über oder unter der mittlen Temperatur der Erde und jedes Ortes insbesondere. Im Ganzen aber ist bei gleichbleibender langer Achse der Ellipse die mittle jährliche Menge von Sonnenlicht und Wärme umgekehrt proportional der jederzeitigen kleinen Achse.

γ. Da ferner die Perihelial-Bahn **GEF** fast ganz mit der Wintersemester-Bahn **DAC** zusammenfällt, so muß das Winterhalbjahr aus obigen **2** Gründen auch kürzer als unser Sommerhalbjahr und muß das Verhältniß umgekehrt auf der südlichen Hemisphäre seyn, welcher Unterschied ungefähr **7** Tage beträgt, und wodurch der nördliche Sommer auch wärmer als der südliche wird, und an Wärme gegen den Winter gewinnt. Fiele **EE¹** mit **AB** ganz zusammen, so würden der Herbst **DA** so lang als der Winter **AC**, der Frühling **CB** so lang als der Sommer **BD** und beide letzte länger als beide erste seyn. Da aber die Stellungen etwas verschoben sind, so ist für die nördliche Halbkugel

Frühling = Fr.Nachtgleiche bis S.Solstitium = 92,91 Tage	} 186,48	
Sommer = S.Solstitium bis H.Nachtgleiche = 93,57 „		
Herbst = H.Nachtgleiche bis W.Solstitium = 89,70 „	} 178,77	
Winter = W.Solstitium bis Fr.Nachtgleiche = 89,07 „		
	Diff. 7,71.	

δ. Man findet auf diese Verhältnisse in manchen Schriften vieles Gewicht gelegt. Allein wie die von der Erde in gleichen Zeiten beschriebenen Dreiecke der Ellipse (§. 9, Anm.), so sind auch die ihr beim Beschreiben gleichgroßer Winkel gespendeten Licht- und Wärme-Mengen einander genau gleich, und da beide Abtheilungen, die des Perihels und Aphels 180° Winkel haben, so ist immer die Wärme des Periheliums genau so viel stärker, als die des Apheliums länger ist [1]).

ε. Jede veränderte Stellung der Absiden- gegen die Äquinoktial-Linie würde Einfluß auf die Wärme-Vertheilung in verschiedenen Jahreszeiten und Erdhälften haben.

§. 23. **Feste Verhältnisse.** **A.** Wir haben bisher angenommen, da alle jetzt erwähnten Zeit- und Raum-Verhältnisse feststehende seyen. Das sind aber in der That nur:

1) Die Dimensionen der Erde selbst, bis auf einige unbedeutende Veränderungen, von welchen erst viel später die Rede seyn kann.

2) Die Lage der Drehungs-Achse in dem Erd-Sphäroid (§. 14).

3) Die mittle Entfernung der Erde von der Sonne, oder die Länge der (halben) großen Achse der Erdbahn (§. 22, C), und als damit engzusammenhängend.

4) Die Umlaufszeit der Erde um die Sonne (ebenda).

5) Die mittle Tageslänge, von einigen kleinen von der Sonnenferne abhängenden Schwankungen abgesehen, welche sich im Laufe eines Jahres wieder ausgleichen.

B. Der erste dieser Punkte ist nie, der zweite nur zum Behufe einer abgerissenen Erklärung einiger geologischen Verhältnisse bezweifelt worden, worin aber die neueren Astronomen wenigstens nicht einstimmen. Denn die Abplattung der Pole zeigt, daß die Lage der Achse ursprünglich so ist, und würde, wenn die Erde auf irgend eine Weise ein **Wenig** außer jener Richtung getrieben würde, Veranlassung zur allmählichen Rückkehr in dieselbe werden.

---

[1]) Littrow in Gehlers Wörterb. IX 659.

C. Der dritte und vierte Punkt ist nie bezweifelt worden.

D. Gegen das Gleichbleiben der mittlen Tageslänge hat man wohl mitunter gelegentliche Zweifel erhoben, aber nicht von Seiten der Astronomen, welche mittelst der schärfsten ihrer Beobachtungen in Verbindung mit theoretischen Gründen darthun, daß die Dauer des Tages seit 2500 Jahren sich nicht um 0,01 Sekunde geändert haben könne, mithin als bleibend anzusehen sey. Die Alten und hauptsächlich Hipparch (150 J. v. Chr.) und Ptolemäus (130 n. Chr.) haben nämlich die Umlaufszeit mehrer Planeten und insbesondere Jupiters um die Sonne, so wie des Mondes um die Erde (von dessen seculärer Acceleration §. 25, C abgesehen) sehr genau berechnet, indem sie die von einem Durchgange derselben durch die Sonne zum andern verfließenden Tage, Stunden u. s. w. zählten und zwar, um sich weniger zu irren, z. B. nur jede 10te oder 20te Sonnenfinsterniß beachteten und die in der Zwischenzeit verflossene Anzahl Tage, Stunden, Minuten durch 10 oder 20 dividirten und somit sehr genaue Bruchtheile selbst bis von Sekunden finden mußten. Ptolemäus benützte hiezu sogar eine Sonnenfinsterniß aus dem J. 720 v. Chr., von welcher die Caldäer berichteten. Die von ihnen bestimmten Umlaufszeiten sind aber, bis auf äußerst kleine, wegen der Unvollkommenheit ihrer Instrumente nothwendige Abweichungen, völlig dieselben, wie wir sie jetzt finden, und beim synodischen Umlauf des Mondes von $29\frac{1}{2}$ Tagen nur um 0,4 Sekunde zu groß. Berechnet man aber aus jenen schon so frühe gefundenen Umlaufszeiten die gegenwärtigen Durchgänge jener Himmelskörper durch die Sonne (oder auch nur überhaupt ihre Länge in der Ekliptik), so daß in diesem Verlaufe von mehr als 2 Jahrtausenden auch der kleinste Fehler durch Vervielfältigung groß werden muß, so treffen die Rechnungen bis auf wenige Minuten zu, woraus hervorgeht, daß der Tag seither nicht um $\frac{1}{10.000.000}$ länger geworden ist. Denn wäre jeder der seit 2500 Jahren verflossenen 913.123 Tage auch nur um 0,01 Sekunde (was dieser Quote nahezu entspricht) länger oder kürzer gewesen, so müßte jetzt jeder wirkliche Durchgang schon um 9.131,25 Sekunden = 2 Stunden 32 Minuten, und da diese abweichende Länge des Tages doch nicht plötzlich und gleichbleibend, sondern nur allmählich wachsend erfolgt seyn könnte, noch immer um $1\frac{1}{4}$

Stunde (statt einigen Minuten, wie es der Fall ist) vor oder nach dem berechneten Augenblick erfolgen, woraus dann hervorgeht, daß die Länge unseres Tages oder der Rotationszeit unserer Erde eben so gleich blieb, als die Zeit, in welcher jene Himmelskörper ihre Bahn vollenden.

§. 24. **Veränderliche Verhältnisse.** A. Wie die Sonne, so wirken aber auch alle andren Planeten ihres Systemes anziehend auf die Erde ein, wenn schon ihrer viel geringeren Masse wegen auch in einem viel geringeren Verhältnisse. Sie vermögen nur sehr allmähliche Änderungen oder zeitweise Schwankungen in der Bewegung der Erde zu veranlassen, je nachdem sie näher oder ferner, einzeln oder in größerer Anzahl, in gleicher oder verschiedener Richtung, unter sich oder mit der Sonne gemeinschaftlich darauf wirken, und diese Wirkungen werden um so zusammengesetzter, als die Planeten selbst wieder ähnlichen Schwankungen ausgesetzt sind. Einzelne Änderungen mögen aber auch noch aus der Bewegung der Erde selbst herzuleiten seyn. Man nennt diese **Aenderungen** und **Störungen periodische,** wenn sie die Stellung der Erde in ihrer Bahn, und **sekuläre**, wenn sie die Richtung der Bahn selbst betreffen.

B. Die **Schiefe der Ekliptik**, deren Neigung zum Äquator oben = 23,°5 angegeben worden, nimmt durch den Einfluß der übrigen Planeten in ungleichen Zeiträumen ab und zu bis zu 21° und 28° (nach anderen Berechnungen auch etwas mehr oder weniger), mithin um einen Betrag von 7°. Gegenwärtig ist sie im Abnehmen, und diese Abnahme beträgt

in 1 Jahre	=	0″48368
„ „ Jahrhundert	=	48″368
„ „ Jahrtausend	=	8′3″68.

Nach Lagrange's Berechnung ist die Schiefe derselben

	am stärksten i. J. 29.400 v. Chr.	= 27°31′	Diff. = 15.000 J.
	„ kleinsten „ „ 14.400 „ „	= 21°21′	„ = 12.400 „
wieder	„ größten „ „ 2.000 „ „	= 23°53,	„ = 8.600 „
	„ kleinsten „ „ 6.600 n. „	= 22°54′	„ = 12.700 „
wieder	„ größten „ „ 19.300 „ „	= 25°21′	

Die nothwendige Folge eines solchen Wechsels ist die abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung der klimatischen Erdzonen; wie die heiße Zone beiderseits des Äquators bis auf 28° und 21° Br. zu- und abnimmt, so thut es gleichzeitig auch die kalte (§. 21);

wofür die gemäßigte dann im umgekehrten Verhältniß von 34° bis 48° wechselt. Im J. 29,400 v. Chr. hatte diese also 35°, i. J. 14,400 v. Chr. über 47° und damit ihre größte Ausdehnung besessen. Das Klima aller Zonen wird aber mit zunehmender Schiefe der Ekliptik veränderlicher, extremer, u. u., weil die Extreme der nördlichen und südlichen Stellung der Sonne jährlich weiter aus einander liegen und daher die Sonne schneller fortschreitet.

Es ist merkwürdig, daß Hopkins versichert [1]) durch Berechnungen über den Einfluß eines flüssigen Erdkernes auf die Bewegungen der Erde gefunden zu haben, daß die Neigung der Rotations-Achse seit Erstarrung der Erdrinde dieselbe geblieben seyn müsse, mithin auch die Temperatur der höheren Erdbreiten. Man würde hiemit eine Erklärungsweise einstiger Temperaturen verlieren, aber eine Zeitbestimmung für Erstarrung der Erdrinde gewinnen. Doch kann ich Hopkins' Original-Abhandlung nicht vergleichen, und sind Veränderungen ja faktisch.

C. Durch ähnlichen Einfluß schreiten auch die **Knoten-** oder **Nachtgleichen-Punkte** auf der Ekliptik beständig vor, oder vielmehr nach W. zurück (**Präzession der Nachtgleichen**, §. 22, E), so daß der Betrag des Zurückweichens

(auf den Tag berechnet = 0°0000381)
in einem Jahre . . . . = 0°013947 od. 50″2113
» » Jahrhundert . = 1°3947

des Kreises ausmacht, und der Frühlings-Nachtgleichen-Punkt, welcher vor mehr als 2 Jahrtausenden dem Anfange des Thierkreises mit dem Zeichen des Widders entsprach, jetzt 30° westlicher im Anfang des Zeichens der Fische steht. Er bleibt 2151 Jahre in jedem Zeichen, und binnen 25,812 Jahren, dem sogenannten **Platonischen Jahre**, wird er den Kreis durchlaufen und wieder an seiner ersten Stelle ankommen. Wie sich die Neigung des Äquators allmählich nach allen Richtungen im Kreis herumwendet, so müssen es auch die darauf immer senkrecht stehenden Pole thun; und so beschreibt der Nordpol ebenfalls binnen 25,812 Jahren einen Kreis um den allein feststehenden Pol der Ekliptik und ist keineswegs immer genau dem jetzigen **Polarstern** zugewendet. Die Lage des Poles bleibt daher auch für die Dauer nicht immer

[1]) Jahrbuch *1840*, S. 111.

parallel, wie in §. 22, A. angenommen worden ist. Die erste dieser Änderungen hat übrigens keinen Einfluß auf Temperatur und Gleichgewicht der Erde. Sie macht jedoch, daß das sogenannte **tropische Jahr**, welches zwischen der zweimaligen Rückkehr der Sonne zu dem entgegenkommenden Nachtgleichen-Punkte verfließt, um den Zeitbetrag der jährlichen Präzession kürzer als das **siderische** und daher nur = 365,2564 — 0,0141 = 365,2423 Tage lang ist. — In der That ist die Präcession das Resultat einer doppelten Kraft, indem binnen einem Jahre Sonne und Mond durch ihre Wirkung auf die abgeplattete Erde jenen Punkt beständig um . . . . 50″3757 zurück,
die Planeten ihn aber in jetziger Zeit um 0″1644 vorwärts,
beide zusammen genommen also ihn um . 50″2113 zurück-rücken,
wie oben bemerkt.

D. Die **Excentricität der Erdbahn**, der Abstand der Sonne von ihrem Mittelpunkte (§. 24, C), wechselt jedes Jahrhundert um 0,000042 der halben großen Achse, oder nahezu 9 Meilen, was auf den Tag 540′ beträgt. Sie
war am größten . . . . i. J. 11.400 v. Chr. = 0,01965
betrug . . . . i. J. 1.830 n. Chr. = 0,01680
und wird am kleinsten . . i. J. 36.900 n. Chr. = 0,00390
mithin größte Differenz in . . . 48.000 Jahren = 0,01575
worauf sie wieder zunimmt. Im Ganzen genommen nimmt aber die jährlich von der Sonne empfangene Menge von Licht und Wärme ab, wie bei gleichbleibender Länge der großen Achse die kleine Achse der Ellipse zunimmt, und muß daher einmal größer gewesen seyn. Doch diese Differenz war auf unsren Thermometern kaum meßbar. Da sich aber Licht und Wärme, wie die Quadrate der Entfernung im Perihelium und Aphelium verhalten, mithin = $\frac{1,02^2}{0,98^2} = \frac{1,04}{0,96}$, so würde die Erde und jeder einzelne Punkt derselben in beiden Stellungen bis 0,04 statt 0,03 (§. 22, F) über und unter seiner jetzigen mittlen Temperatur erhalten haben. — Ja, nach dem jüngeren Herschel, welcher die Exzentrizität nicht in den obigen Grenzen eingeschlossen glaubt, sondern sie eben so stark für möglich hält, wie sie bei den am meisten exzentrischen Planeten (= 0,25) vorkommt, würde in solchem Falle die von der Sonne erhaltene gesammte oder die mittle Temperatur der Erde wie einzelner Punkte doch nur um 0,03 bis 0,04 größer als die gegenwärtige,

und so z. B. die mittle Temperatur Deutschlands von **10°** auf **10 + (0,04 × 10) = 10,4** gesteigert gewesen seyn[1]. — Aber das Perihelium wäre dann (statt der im §. **22, F**) genommenen Angabe) = **1,25**, das Aphelium = **0,75**, die Differenz = **0,50** der halben großen Achse, das Verhältniß zwischen beiden = **1,25: 0,75**, und, da Intensität der Erwärmung und Beleuchtung mit dem Quadrate der Entfernung abnehmen, so würden sie sich im Perihel und Aphelium wie $1{,}25^2 : 075^2 = \frac{1{,}5}{0{,}5} = 3:1$, wie Licht und Wärme dreier Sonnen gegen die einer einzigen verhalten, und sich die jetzige milde Temperatur der Erde und einzelner Orte im Perihel oder Aphel um **0,50** erhöhen oder erniedrigen. Inzwischen sind andere Astronomen keineswegs geneigt, eine so große einstige Exzentrizität für die Erde zuzulassen. Man hatte daher (s. §. **22, F**) jedenfalls auf der nördlichen Hemispäre

den Winter (Perihelium) noch kürzer, Kälte geringer	extensiv und intensiv milder als jetzt	beständiger Frühling.
den Sommer (Aphelium) noch länger, Wärme geringer	extensiv wärmer, intensiv milder	

auf der südlichen Hemisphäre

den Winter (Aphelium) noch länger, Kälte stärker	extensiv und intensiv strenger als jetzt	excessiveres Klima.
den Sommer (Perihelium) noch kürzer, Wärme stärker	Wärme versengender	

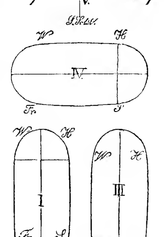
E. Aber die ganze elliptische Erdbahn dreht sich (in Folge der Anziehung des Jupiter auf die Erde in ihrer Sonnenferne) während eines Zeitraumes von **20,904** (nach andern Rechnungen **20,939** oder **20,250**) Jahren ostwärts um die Sonne (**Präcession des Perihels**), so daß die Absiden-Linie allmählich in die Richtung aller Radien um die Sonne zu liegen kommt (wie die Erde selbst in ihrer Bahn binnen einem Jahre in allen Richtungen um sie steht), während die Äquinoktien in entgegengesetzter Richtung um die Sonne gehen. Sonnennähe wie Sonnenferne kommen daher allmählich in das Sommer- und das Winter-Solstitium, in die Herbst- und Frühlings-Nachtgleichen, auf die nördliche und südliche Hemisphäre, wie in dem Äquator zu liegen.

[1]) Herschel in *Geol. Trans.* B, III 293 ff. < Jahrb. *1831*, 460.

Die **Länge des Perihels** wächst in 1 Jahrhundert nach den Fixsternen berechnet um . . . . $0^0 3276$;
da die Nachtgleichen inzwischen zurückweichen (C) um . $1^0 3947$;
so entfernen sich beide um die
tropische Aenderung des Perihels . . . $1^0 7223$.
Und um so viel Zeit, als die Erde braucht, um die Absiden einzuholen, ist ihr **anomalistisches Jahr** länger, als das siderische.

Mit Vorigem übereinstimmend wäre das Perihelium in

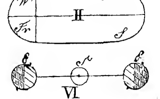
I. W. Solstitium	oder	90^0	Länge i. J.	19.656	v. Chr.
II. Fr. Nachtgleichen	=	180^0	„ „	14.430	„
III. S. Solstitium	=	270^0	„ „	9.204	„
IV. H. Nachtgleiche	=	0^0	„ „	3.978	„
		66^0	„ „	140	„
I. W. Solstitium	=	90^0	„ „	1.248	n. Chr.
		$99^0 6$	„ „	1.800	„
II. Fr. Nachtgleiche	=	180^0	„ „	6.474	„



Nimmt man nun in den nebenstehenden Figuren I — IV die Lage der Nachtgleichen und Solstitien = Fig. V, und die Stellung des Erdäquators gegen seine Bahn Fig. VI, als bleibend an, und bezeichnen Fr. S, H, W dabei die 4 Jahreszeiten, so ist bei der Stellung des Perihels (vgl. §. 22, F; 24, D).

I. im W. Solstitium (fast wie jetzt): Herbst mit Winter, Frühling mit Sommer gleich lang, diese 2 wärmeren Jahreszeiten aber länger als die kälteren; die Sonnennähe trifft in die südliche, die Sonnenferne in die nördliche Hemisphäre.

II. im Fr. Äquinoktium [1]): Winter mit Frühling, Sommer mit



[1]) Wenn man sich, zur Versinnlichung obiger Zeichnungen II—V, auf

Herbst gleich lang, beide letzten Jahreszeiten länger als die 2 ersten; die Sonnennähe und Sonnenferne treffen in den Äquator, letzte mit den Herbstnachtgleichen.

III. im S. Solstitium: Frühling mit Sommer, Herbst mit Winter gleich lang, die 2 wärmeren Jahreszeiten kürzer, als die 2 kälteren; die Sonnennähe trifft in die nördliche, die Ferne in die südliche Halbkugel.

IV. im H. Äquinoktium: Sommer und Herbst, Winter und Frühling gleich lang, beide letzten aber länger als die 2 ersten, die Sonnennähe und Sonnenferne fallen in den Äquator, letzte mit den Frühlingsnachtgleichen.

Während der 10.000 Jahre aber, wo die Erde der Sonne in der Sonnennähe immer mit der südlichen Hälfte zugewendet ist, würde nach Richard Philipps[1]) auch das Meer wegen der stärkeren Attraktion mehr nach der südlichen, in den folgenden 10.000 Jahren mehr nach der nördlichen Hemisphäre hinüberwandern und könnten somit Niederungen wechselweise unter Wasser gesetzt und abgetrocknet werden, Meeres- und Land-Bildungen entstehen und selbst die eigne Temperatur mancher Erdstrecken sowohl als die durch Bestrahlung von der Sonne entwickelte Wärme modifizirt werden. Er hält eine Erhöhung des Meeres von 200′, eine Vermehrung der Fluthhöhe um 12′ und die der Springfluthen um 25′ in der

---

die Sonne im Kreutzungs-Punkte beider Achsen der Erdbahn versetzt denkt, um die Bewegung der Erde in ihrer Bahn um die Sonne zu beobachten, so sieht man die Erde vor den Bildern des Thierkreises und folglich auch an den oben genannten 4 Kardinal-Punkten ihrer Bahn in der einen, diese Punkte selbst aber begreiflich in der entgegengesetzten Richtung hinter der Erde vorbeigehen. Man kann daher in jenen Zeichnungen, nachdem man die Bewegung der Erde oder die scheinbare jener Punkte darstellen will, die Bezeichnung der letzten von rechts nach links oder von links nach rechts auf einander folgen lassen. So erhält man auch entgegengesetzte Angaben, wenn man das Perihel nach dem Zeichen des Thierkreises bestimmt, welchem die Erde zu dessen Zeit von der Sonne aus gegenübersteht (richtiger Weise), oder nach jenem, vor welchem sich dann die Sonne, von der Erde aus, befindet.

[1]) R. Philipps über die nächsten Ursachen der materiellen Erscheinungen des Universums, a. d. Engl. übersetzt, (Stuttgart 1826, 8,) Seite 165—178, und nach Keferstein in seiner Naturgeschichte des Erdkörpers (1834) I, 56.

jedesmaligen Parallele der Sonnennähe für statthaft, und leitet die jetzige Anhäufung der Gewässer in der südlichen Hemisphäre, die Mosaische Schöpfung (4.002 J. v. Chr.) und die Schichtung und Ansammlung von Versteinerungen auf der Erdoberfläche vom Abzug dieser Gewässer vom Äquator gegen den südlichen Wendekreis ab. Indessen gibt er zu, daß jene Annahme der Erhöhung des Meeres auf keiner Berechnung beruhe; wie denn auch leicht zu erkennen ist, daß eine Erhöhung der Gewässer um 200′ für letzten Zweck lang nicht zureichend seyn würde, und man muß schon darum alles Vertrauen auf diese Folgerungen verlieren, weil man nicht einmal bemerkt, daß die Meere eine andre Höhe annehmen, wenn die Sonne im Winter fast über dem südlichen Wendekreis in der Erdnähe steht, als wenn sie im Sommer ganz aus jener Hemisphäre entfernt ist [1]). Ein etwas merkbarer Einfluß hat vielleicht stattgefunden zur Zeit, wo die Erdbahn erzentrischer (D) als jetzt gewesen ist.

F. Die Länge des **tropischen Jahres** der Erde ist einigen Schwankungen unterworfen, die von der veränderlichen Stellung der Planeten zur Erde herrühren. Ihr Einfluß ist S. 44 für die jetzige Zeit mit 0″1644 in Anrechnung gebracht worden, ist aber überhaupt

am größten i. J. 3.040 v. Chr. = 38 Sekund. über 0 } Turnus
am kleinsten i. J. 7.600 n. Chr. = 38 Sekund. unter 0 } 21.280 J.,

im Übrigen aber nicht von Wichtigkeit.

G. Die Anziehung des Mondes veranlaßt kleine Schwankungen in der Präcession unsrer Nachtgleichen und zugleich in dem Kreise, den die Erdpole um die Pole der Ekliptik beschreiben, so nämlich daß dieser Kreis selbst aus einer Reihe kleiner Ellipsen (Epizykeln) zusammengesetzt ist, deren Umlaufszeit dem Umlauf der Nachtgleichen der Mondbahn in 19 Jahren (§. 25) entspricht (**Nutation der Erde**).

Wegen **Ebbe und Fluth** vergl. §. 26.

§. 25. **Der Trabant der Erde.** Der **Mond** besitzt

Halbmesser	=	233 Meil.	=	0,27	von dem der Erde.
Umfang	=	1,463 „	=	0,27	„ „ „ „
Oberfläche	=	727,000 □M.	=	0,074	„ „ „ „

[1]) Auch Herschel und Littrow haben dieses Moment weder in Anwendung gebracht, noch hält letzter, wie er mir insbesondere mitzutheilen die Güte hatte, solches der Anwendung für fähig.

Inhalt . . . . . . = 58.300.000 K.Meil.	= 0,02	v. dem der Erde,
Dichtheit	= 0,70	„ „ „ „
Masse	= 0,014	„ „ „ „
Fall eines Körpers in der 1. Sekunde . . . = 2'8	= 0,20	„ „ „ „
Mittler Abstand von der Erde / halbe große Achse der Ellipse	60,2965 Erdhalbmesser / 51.812,8 Meilen[1]).	
Exzentrizität sehr groß = 0,05484 d. vorigen	= 2.850 Meil.	
Synodischer Umlauf des Mondes bis wieder zur Sonne (Monat)	= 29 T. 12 St. 44 M. 3 S.	
Siderischer Umlauf um die Erde	= 27 T. 7 St. 43 M. 15 S.	
Anomalistischer Umlauf, bis zur Absiden-Linie .	= 27,555 T.	
Drachen-Monat, zwischen 2 Durchgängen durch die Ekliptik	= 27,2121 T.	
Neigung des Mond-Äquators zu seiner Bahn	= 6°6 (Winkel)	
Neigung des Mond-Äquators zur Ekliptik . .	= 1°5	
Neigung seiner Bahn zur Ekliptik	= 5°1	
Jährliche Präcession seiner Knoten zur Ekliptik	= 19°35 (Länge)	
Vollendete Präcession derselben im Kreise 6793,286 Tage	= 19 Jahre (nahezu)	
Aufenthalt über und unter der Ekliptik gleich lang	= 9,5 Jahre	
Jährliche Rotation seiner Bahn (Absiden) um die Sonne	= 40°65 (Länge)	
Vollendete Rotation derselben = 3232,567 Tage	= 9 Jahre (fast)	
Monden-Tag der Erde	= 24 Stund. 50 Min.	

B. Da der Mond eine Rotation mit einem Umlauf um die Erde vollendet, so wendet er, wie alle Trabanten ihren Planeten, dieser immer die nämliche Seite zu, was zur Zeit seines flüssigen Zustandes und seiner Erstarrung, der Abplattung an den Polen unbeschadet, eine Verlängerung seines Durchmessers in der Richtung

[1]) Nach einigen der obigen Daten lassen sich leicht die andern berechnen. Es ist früher (§. 9 und 13) gesagt worden, daß die gerade ausgehende oder Tangental-Bewegung ihrer Stärke nach zur darauf rechtwinkeligen Fall-Bewegung eines Himmelskörpers in bestimmtem Verhältnisse stehen müsse, wenn die aus beiden hervorgehende mittle Bewegung eine in sich zurückkehrende elliptische Bahn bilden soll.

Da nun der Mond von der Erde um 60 Erdhalbmesser (abgesehen von den Dezimalstellen in diesen und den folgenden Zahlen) entfernt ist und die Attraktion mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, so ist der Fall des Mondes gegen die Erde in einer Sekunde auch statt 15' (§. 13) nur $\frac{15}{60^2} = \frac{15}{3600} = \frac{1}{240}$ Fuß. Nun lehrt die Rechnung, daß die Fall-Bewegung sich zur Tangential-Bewegung = 1 : 766.800 verhalten, der Mond daher in jeder Sekunde auch $\frac{766.800}{240}$ = 3195' in der

der Erde veranlaßt hat. Aus demselben Grunde sind seine Tage den Nächten an Länge immer ungefähr gleich und währen beide **14,75** Erdentage. Da ferner seine Neigung zur Ekliptik nur gering ist, so fällt auf ihm fast aller Unterschied der Jahreszeiten weg.

C. In dem Maße, als die Exzentrizität der Erdbahn abnimmt (§. **24**, **D**), nimmt die Anziehung der Sonne auf ihn zu und veranlaßt eine Beschleunigung und Verkürzung seines siderischen Umlaufes und eine Annäherung zur Erde, was aber mit dem Minimum der Exzentrizität der Erdbahn sein Ende erreicht.

D. Keiner der genauer beobachteten Weltkörper unterliegt so vielen und großen Störungen als der Mond, weil seine Entfernungen im stärksten Extreme wechseln und er seiner Masse nach den übrigen am meisten untergeordnet ist. Die meisten Störungen sind von der Sonne abhängig, von welcher der größte und kleinste Abstand um **0,005** differirt, was mit andern Momenten verbunden eine periodische Beschleunigung und Verzögerung der Bewegung desselben, oder Störungen in seiner Länge bis über **6°** seiner Bahn bewirken kann (Evection, Variation und Jährliche Gleichung des Mondes). Die sekulären Änderungen sind zwar ebenfalls ansehnlich, doch für uns nicht von großem Belange (Bewegung der Absiden und Nachtgleichen). Alle werden noch durch die Annäherung des Mondes zur Erde (C) beherrscht.

§. **26**. **Gezeiten, Ebbe und Fluth.** **A.** Seiner großen Nähe wegen übt die Anziehungskraft des Mondes auch einen Einfluß auf die Erde, welcher, da sie mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, auf der ihm zugewendeten Seite größer, als auf der abgewendeten um einen Erdmesser entfernteren ist, sich jedoch nicht mehr an dem starren Kerne, sondern nur noch an den leicht verschiebbaren flüssigen Hüllen desselben äußern kann. Diese nämlich, das Meer und in wenig bemerklicher Weise auch die Luft, strömen oder fallen fortwährend nach demjenigen Punkte der Erdoberfläche hin, über

---

Richtung der Tangente zurücklegen müsse, wenn die aus beiden kombinirte Bewegung die Form des Kreises (der Mond-Bahn) annehmen soll, was mit der Beobachtung über die Länge des vom Monde in jedem Tag und jeder Sekunde zurückgelegten Weges genau übereinstimmt und mittelst obiger Zahlen ganz gut geprüft und noch genauer bestätigt werden kann, wenn man die Dezimal-Stellen und einige Neben-Umstände mit in Rechnung nimmt.

welchem der sie anziehende Mond steht, und dieser Zusammenfluß (**Fluth, Hochmeer**) schreitet mit dem Monde rings um die Erde vorwärts, erreicht daher alle 24 Stunden 50 Min. (1 Monden-Tag der Erde) im Kreise die nämliche Stelle der Oberfläche wieder, trifft jedoch immer etwas später ein, als der Mond wirklich durch den Meridian des Ortes geht, und verliert sich nach der Breite der Erde von den Tropen gegen die Pole allmählich. Dieses Ansteigen an einer Stelle steht mit einem Fallen (**Ebbe**) in einiger Entfernung und hauptsächlich 90 ° vor- und rück-wärts davon in Verbindung, indem das zuströmende Wasser jenen Gegenden entzogen wird. Wenn aber so die vom Mond stärker angezogene Seite des Meeres stärker gegen ihn fällt, als der starre Mittelpunkt und dieser stärker als die abgewendete Seite des Meeres, so muß diese zurückbleiben und ebenfalls über ihre gewöhnliche Höhe ansteigen, mithin ebenfalls eine, nur etwas schwächere **Fluth** zeigen. Somit erhält jeder Punkt binnen einem Mondentag zwei ungleiche Fluthen und zwei Ebben.

B. An der offnen Seeküste erfolgt die Fluth am schnellsten, mitunter schon ½ Stunde nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian. Im Hintergrunde von bogigen Meeresarmen, längs buchtiger Küsten u. dgl. am spätesten, welche Verspätung über 12 Stunden betragen kann. In offnen tropischen Meeren ist die Fluth am stärksten und verliert sich wie erwähnt gegen die Polen; in Mittelmeeren ist sie nur schwach. Aber im Hintergrunde der Fluth entgegen stehender, trichterförmig sich verengender Busen steigt die zusammengezwängte Wassermasse oft bis zu außerordentlicher Höhe. — Man nennt **Total-Fluth** eines Ortes die Differenz zwischen dem Meeresstande während der tiefsten Ebbe und dem Mittel aus den zwei nächsten Hochmeeren. Sie wechselt nach Verschiedenheit der erwähnten Verhältnisse von 1′ bis 50′, und während der Äquinoktien bis zu 70′.

C. Dieser Betrag wird bei **Springfluthen** noch vermehrt, in Zeiten nämlich, wo der Mond der Erde am nächsten und zugleich mit der Sonne in gleicher Richtung steht, womit dann zuweilen die Richtung der Seestürme zusammentrifft, welche das Meer gegen die Küste und in die Busen treiben.

D. Die Annäherung des Mondes in Folge abnehmender Exzentrizität der Erdbahn (§. 25, C) kann in dem Spielraume, der

diesem Wechsel gestattet ist, den mitteln Fluthstand sekulär um einige Fuße erhöhen[1]).

E. Die zunehmende Exzentrizität der Mondbahn kann die Differenz zwischen den höchsten und niedersten Fluthständen vergrößern, ohne hiedurch jedoch mehr als eine vielleicht stärkere Beschädigung einiger Küsten zu bewirken[2]).

F. In der Atmosphäre dagegen ist die vom Monde veranlaßte Ebbe und Fluth nicht einmal so beträchtlich, als die täglich von der Sonne bewirkte (§. 18), welche ebenfalls doppelt ist, aber den Stand der Quecksilbersäule nur bis um 0,02 Linien ändert. Gegen die Oberfläche der Atmosphäre hin würden auch die horizontalen Fluthungen derselben fühlbar seyn, welche die vertikale Bewegung des Quecksilbers veranlassen.

e. Die übrigen Planeten insbesondere.

§. 27. **Maas-Tabelle.** Alle die bei der Erde und dem Monde erläuterten Verhältnisse treten auch bei den übrigen Planeten ein, nur in andern Maasen; wir beschränken uns daher darauf, sie in Tabellen zusammenzustellen und am Ende jeder Rubrik auf den §. zu verweisen, wo man deren Inhalt für die Erde erläutert findet; da wir auch Erde, Sonne und Mond zu bessrer Vergleichung nochmals mit aufnehmen, so wird man sich mittelst der ihnen zugehörigen Zahlen leichter orientiren. Die graphische Darstellung auf Taf. I wird zu noch bessrer Verdeutlichung dienen. Wir senden jedoch eine Maas-Tabelle voran.

Maase.	Pariser, Fuß.	Deutsche Meilen.	Erd-Halbmesser.	Sonnenweiten.
1 Pariser Fuß	1.			
1 Deutsche Meile . . .	22.841,8	1		
1° des Äquators . . .	342.629	15		
1 Mond-Halbmesser . .	5.322.139	233		
1 Erd-Halbmesser . .	19.631.114	859,4		
in runder Zahl . . .	20.000.000	860	1.	
1 Mond-Weite	. . . .	51.812,8	60,2965	
in runder Zahl . . .	. . . .	. . . .	60.	
1 Halbmesser d. Erdbahn	. . . .	20.857.700	24.253.	
1 Sonnen-Weite in runder Zahl	. . . .	20.000.000	. . .	1.
1 Sternen-Weite, von d. Sonne zu d. Fixsternen	. . . .	4 Billionen	4651 Mill.	200.000

[1]) Herschel, Jahrb. *1831*, 459. — [2]) Herschel, a. a. O.

§. 28. Massen-Verhältnisse der Planeten [1]).

Planeten.	Durchmesser in Meilen	Durchmesser zur Erde	Abplatt. ist vom Durchmesser	Berghöhen in Meilen.	Oberfläche Million. Quad.M.	Oberfläche zur Erde	Volumen in Million. Kub. Meilen	Volumen zur Erde	Dichtheit [2]) zur Erde	Masse zur Erde	Fall in der 1. Sekunde	Trabanten
Sonne . . .	187.800	109,25			111.000	13.456	35.000Bll.	1.560.000	0,22	338,980	398'5	
Merkur . . .	600	0,34	. . .	2	1,07	0,12	104,5	0,04	4,16	0,16	14'1	0
Venus . . .	1678	0,95	. . .	6	8,38	0,90	2280,0	0,85	1,07	0,90	15'9	0
Erde	1719	1,00	$\frac{1}{289}$	1	9,28	1,00	2660,0	1,00	1,00	1,00	15'1	1
Mars	1000	0,56	$\frac{1}{16}$	. . .	2,91	0,32	467,0	0,16	0,69	0,10	6'3	0
Vesta . . .	59	0,03	. . .	. . .	0,01	0,001	0,104	0,00004	(1,2	0,00008	0'73)	0
Juno . . .	308	0,18	. . .	. . .	0,29	0,03	14,56	0,005	(0,83	0,00408	2'13)	0
Ceres . . .	350	0,20	. . .	. . .	0,37	0,04	21,50	0,008	(0,16	0,00756	2'85)	0
Pallas . .	452	0,26	. . .	. . .	0,61	0,07	44,60	0,017	(0,94	0,00282	0'64)	0
Jupiter . . .	19.980	11,00	$\frac{1}{14}$	. . .	1124,24	121,12	3.500.000	1333,1	0,22	316	38,8	4
Saturn . . .	16.290	9,76	$\frac{1}{11}$	200	883,37	95,17	2.500.000	928,5	0,12	95	14'5	7 [3])
Uranus . . .	7.488	4,23	. . .	. . .	106,07	17,92	201.000	75,8	0,20	17	. . .	6
Mond	466	0,27	schwach	1	0,727	0,074	58,3	0,02	0,70	0,014	2'8	
§§.	13		14	19	13		13		11	13	14	27

[1]) Kleine Verschiedenheiten in den Zahlen-Angaben und darauf gegründeten Berechnungen rühren daher, daß bald mehr, bald weniger Dezimalen berücksichtigt worden; in sehr wenigen Fällen aber von Benützung verschiedener Quellen. So sind insbesondre die in Klammern gesetzten Zahlen bei den 4 neuen Planeten aus etwas älteren Quellen entnommen. Daher auch die Abweichungen von §. 8.

[2]) Bei der Angabe der Dichte ist die der Erde = 4,85 oder 5 Wasser gesetzt.

[3]) Saturn ist außer seinen 7 Monden auch noch von einem doppelten starren Ring umgeben, welcher gleich jenen frei um ihn schwebt.

§. 29. Tabelle der Richtungen und Entfernungen.

Planeten.	a. Neigung des Äquat. zur eignen Bahn.	b. Abstände von der Sonne in Millionen Meilen. Perihelium.	Aphelium.	mittle in Sonnenweiten.	c. Elliptische Bahnen im Jahr 1810. Excentriz. in Theilen der ½ gr. Achse.	Neigung zur Ekliptik.	Länge des aufsteigend. Knotens.	Länge des Perihels.	d. Abstände v. d. Erde in Millionen Meilen größter.	kleinster.
Mercur . . .	20°	7,41	9,75	0,38710	0,2056	7° 0′, 0	46° 4′ 02	47°30′ 23	30	10
Venus	72°	15,00	15,20	0,72333	0,0068	3 23 7	75 57 30	128 44 30	53	5
Erde	23°28′	20,53	21,23	1,00000	0,0168	0	0	99 39 37	0	0
Mars	28°,42	28,85	34,77	1,52369	0,0932	1 51 08	48 3 80	332 33 82	54	7
Vesta . . .	. . . .	44,93	53,70	2,3632	0,1838	7 7 78	103 10 20	350 19	72	23
Juno . . .	. . . .	41,57	69,94	2,6704	0,2544	13 4 45	171 9 83	53 16	88	19
Ceres . . .	. . . .	53,23	62,31	2,7672	0,0785	10 37 50	80 56 93	146 44	81	31
Pallas . . .	. . . .	43,65	71,94	2,7683	0,2440	34 37 47	172 33 90	121 22	90	21
Jupiter . . .	. . . .	103,36	113,83	5,20116	0,0482	1 18 85	98 30 07	11 17 80	130	79
Saturn . . .	. . . .	187,95	210,37	9,53781	0,0562	2 29 63	112 0 92	89 15 18	223	161
Uranus . . .	90°	381,83	419,21	19,18318	0,0467	0 46 43	73 53 58	167 29 62	424	348
Mond	6°6	. . .	. . .	1,00000	0,05484	1°5′	. . .	. . .	0,055	0,048
§§.	24 A.	22, C—F.			24, D.	24, A.	24 B, 26C.	24, E.		

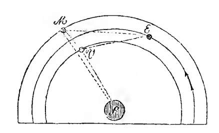
§. 30. Tabelle der regelmäßigen und einfachen Bewegungen [1]).

Planeten.	Tägliche Achsendrehung.		Jährliche Bewegung in der Bahn.				
	Mittle Schnelligkeit unter dem Aequator während 1 Zeit-Sekunde.	Länge des Tages in Stunden.	Mittle Schnelligkeit in 1 Sekunde in Fußen.	Mittle Schnelligkeit in 1 Sekunde in Meilen.	Länge des Jahres in Tagen. Siderisches.	Tropisches.	Synodisches [2]).
Mercur	504′	24. 0′ 50″	152.448	6,7	87,969	87,968	115,87
Venus	1,430	23. 21′ 8″	111.525	4,9	224,701	224,695	583,92
Erde	1,422	24.	94.850	4,7	365,2564	365,242255	
Mars	798	24. ′39 21″	76.840	3,4	686,980	686,930	779,88
Vesta	. . . .	. . . .	61.700	2,7	1327,6	1327,4	505,0
Juno	. . . .	. . . .	58.040	2,6	1593,8	1593,6	474,0
Ceres	. . . .	. . . .	57.026	2,5	1681,4	1681,1	466,5
Pallas . . .	. . . .	. . . .	57.000	2,5	1682,5	1682,2	466,5
Jupiter	39.070	9. 55′ 34″	41.590	1,7	433,596	4330,611	398,2
Saturn	33.500	10. 16′	30.710	1,3	10758,970	10746,732	378,0
Uranus	21.650	10?	21.650	1,0	30688,357	30589,357	369,7
Mond	. . . .	655	. . . . .	. . . . .	27,32166	. . . .	29,53059
§§.	14 A.		24 C.		26 C.	26 C F.	27 A.

[1]) Über die Art und Weise, wie manche dieser Verhältnisse aus andern schon bekannten berechnet werden, kann folgendes Beispiel dienen: Jupiters erster Trabant steht so weit von ihm ab, als der Mond von der Erde, läuft aber 16mal schneller um seinen Planeten. Da nun die Anziehungskraft (bei gleicher Entfernung) mit dem Quadrate der Geschwindigkeit im Verhältniß steht, so muß Jupiters Masse $16 \times 16 = 256$mal so groß, als die der Erde seyn. (Die §. 28 angegebenen Zahlen sind nach etwas andern Daten berechnet.) Wenn ferner Jupiters Volumen 1474mal größer als das der Erde, so muß dessen Dichte $\frac{256}{1474}$ = über $\frac{1}{5}$mal kleiner als die der Erde seyn. — Kennt man die Masse eines Weltkörpers, so ist das Verhältniß seiner Anziehungskraft gegen die unsrer Erde gegeben, und man hat, um die Geschwindigkeit des Falles auf ihm zu erfahren, nur nöthig, die Geschwindigkeit des Falles auf der Erde mit jener Masse zu multipliziren und das Produkt durchs Quadrat des Halbmessers zu dividiren. So sey z. B. der Halbmesser des Jupiter 11,4, seine Masse 328mal die der Erde, folglich die Fall-Geschwindigkeit auf ihm $= \frac{15{,}1 \times 328}{11{,}4 \times 11{,}4} = \frac{4953}{130} = 38'$ in der Sekunde.

[2]) Das synodische Jahr ist dasjenige, wobei der Planet wieder in seine frühere Stellung zur Sonne, wie man sie von der Erde aus sieht, zurückkehrt.

§. 31. **Störungen der Planeten.** Die vorangehenden Tabellen, besonders die der veränderlichen Abstände der Planeten von der Erde (§. 29, **D**), und die untenstehende Figur, wo



die beiden Weltkörper **M** und **V** gemeinsam den dritten **E** in gleicher Richtung der Bahn fortziehen, während sie ein andermal eben so verzögernd auf ihn wirken, und wo **M**, durch **S** und **V** zugleich gezogen, stärker gegen die Sonne fallen muß, als sonst, werden es deutlich machen, auf welche Weise die Bewegungen der Planeten auf die der Erde von Einfluß seyn müssen (§. 24). Dieser Einfluß wird um so komplizirter, als auch die übrigen Planeten sich gegenseitig in ihren Bewegungen stören. Diese Störungen sind am auffallendsten zwischen Jupiter und Saturn, die wir hier beispielsweise herausheben, indem sie alle zu verfolgen außer unserem Zwecke liegt. Die genannten verhalten sich nämlich so, daß, wenn die Bewegung des einen dieser 2 Planeten beschleunigt, die des andern verzögert wird. Die Störung des ersten kann bis **2950** Sekunden, die des andern **1200** Sekunden betragen. Die Periode ist **930** Jahre, und im J. **1560** hatten beide Störungen ihre größte Höhe erreicht; die Bewegung Jupiters war am schnellsten, die Saturns am langsamsten geworden. Im J. **1790** waren sie auf das Mittel herabgekommen, und im J. **2025** werden sie ihre größte, aber der obigen entgegengesetzte Höhe erlangen.

f) Die Kometen.

§. 32. **A.** Die **Kometen** sind Körper, deren Volumina theils nur klein, theils aber auch bis **500.000**mal so groß, als das unserer Erde sind. Ihre Kerne aber sind nicht oder kaum so dicht, als der Nebel, und oft mit einer sehr hohen, aber noch weit dünneren Atmosphäre umgeben, welche nicht selten schweifförmig und zuweilen bis über eine Sonnenweite verlängert erscheint und immer

von der Sonne abgekehrt ist. Sie scheinen eigenes, phosphorisches Licht zu besitzen. Sie haben daher alle nur sehr wenige Masse. Ihre Bahnen gehen nicht mehr nothwendig rechtläufig in der Ekliptik von W. nach O., sondern nach allen Richtungen des Himmels; sie sind ebenfalls elliptisch, aber weit mehr verlängert, als die der Planeten (vielleicht mitunter parabolisch); übrigens sind sie dieß in sehr ungleichem Grade, da einige sich nicht weit von der Sonne entfernen, andere aber bis weit über die Planeten hinaus in den Welt-Raum schweifen. Solche brauchen dann Jahrtausende, um nur einmal ihre Bahn zu durchlaufen. Daher mag ihre Dichte im Perihelium und Aphelium, wie schon bei manchen der Anschein lehrt, sehr ungleich seyn.

B. Der exzentrischeste aller bekannten Kometen ist der vom J. **1680**, woran sind:

Halbe große Achse der Bahn = **426,75** Halbmesser d. Erdbahn.

Abstand v. Scheitel- u. Brennpkt. = **0,006** dieses Halbm. = Meilen **128.260**

„ des Mittelp. v. d. Sonnen-Fläche im Perihel. = **0,7** Mondferne = **34.360**

„ desselben im Aphelium = **850** Halbm. d. Erdb. = **17.590** Mill.

Umlaufzeit . . . . = **8817** Jahre.

Bewegung im Perihel., von der Sonne aus gesehen, stündlich . . . = $118^{0}5$ = **264.888**

„ im Aphel von der Sonne aus gesehen in **1840** Tagen $1'''$ = d. i. stündl. **1,94**.

Hier scheint er mithin Jahre lang ganz stille zu stehen, während er im Perihelium binnen einer Stunde weit über die Hälfte des Horizontes durchläuft und die Sonne ihm, der großen Nähe wegen, (vom Mittelpunkt aus gesehen) unter 94^{0} erscheint, also die Hälfte dieses Gesichtskreises am Himmel bedeckt.

C. Zwischen den extremen Verhältnissen dieses Kometen und denen der Planeten findet man nun die der übrigen Kometen. Man kennt deren bereits **500**, obgleich man jährlich noch neue entdeckt und jede Verbesserung unserer Fernröhren uns noch andere zeigen wird. Von den bekannten haben **20** ihre Sonnennähe innerhalb der Merkurs-, und **70** andre die ihrige innerhalb der Venus-Bahn, so daß sich beide Zahlen wie die Quadrate der Halbmesser dieser **2** Bahnen verhalten. Fände dasselbe Verhältniß auch innerhalb

der Bahnen der übrigen von der Sonne entfernteren Planeten Statt, wo man es nicht so genau erforschen kann, so würde sich die ganze Anzahl der Kometen, welche innerhalb die Uranus-Bahn kommen, schon jetzt auf 52.000 berechnen.

§. 33. **Störungen.** A. Die Kometen, deren Bahnen jene der Planeten so manchfaltig durchkreuzen und in keinem abgemessenen Verhältnisse zu ihnen stehen, gehen zuweilen so nahe an denselben vorüber, daß dadurch nicht nur der Berechnung, sondern selbst der Beobachtung zu Folge ihr eigner Lauf um viele Tage verspätet und sogar auch dessen Richtung sehr geändert werden kann, diese beiden mithin wieder nicht festbleiben könnten, wenn sie es auch in ihrer jetzigen Anordnung wären. Wie denn der Enke'sche Komet wirklich die große Achse seiner Bahn fortwährend verkürzt (§. 23, A, 3) und seinen Lauf beschleunigt. Der Komet von 1770, welcher sich innerhalb der Jupiters-Bahn in $5\frac{1}{2}$ Jahren um die Sonne bewegen sollte, ist nicht wieder gesehen und vielleicht vom Jupiter angezogen worden, da sein Weg durch das Gebiet von dessen Trabanten ging. Ein völliges Zusammentreffen eines Kometen mit einem Planeten erscheint daher allerdings als möglich.

B. Die Kometen ihrerseits aber können bei ihrer äußerst geringen Dichte (§. 32, A) auf den Lauf der Planeten nicht wohl merkbar einwirken. Sollten sie aber damit wirklich zusammentreffen, wie denn die Bahn der Erde selbst die des Biela'schen Kometen fast genau durchschneidet und daher nur auch zu gleicher Zeit mit ihm in dem Knotenpunkte einzutreffen brauchte, so könnte die Erde, ohne mechanische Beschädigung und ohne einen Stoß zu erleiden, durch die Nebelmasse dieses Kometen hindurchgehen; es seye denn, daß diese Nebelmasse durch die unmittelbare Berührung mit der Erde sich ganz oder theilweise verdichte, auf sie herabfalle, deren Oberfläche bedecke und ändere u. s. w. Außerdem könnte die uns unbekannte chemische Qualität eines solchen Kometen-Dunstes, auf die belebte, wie die leblose Natur schädliche Einflüsse üben, die sich nicht vorher sagen lassen. — Bei der außerordentlichen Schnelligkeit der Bewegung, welche die Kometen, wie die Erde selbst besitzen, währt aber die Zeit, in der sie sich auf ihrer Bahn treffen könnten, jedesmal kaum $\frac{1}{4}$ Stunde, weßhalb ein solches Ereigniß durchaus unwahrscheinlich ist. Doch hat Olbers berechnet, daß ein gewisser Komet sich

nach 88.000 Jahren bis auf Mondweite,
" 4.000.000 " " " 7700 Meilen uns nähern
und " 220.000.000 " mit der Erde vereinigen werde.

g) Entstehung des Sonnen-Systems.

§. 34. **A.** Laplace's **Hypothese** über die Entstehung des Sonnen-Systems (**B, C**) ist eine genauere und zu großer Evidenz gebrachte Entwickelung einer schon von Franklin aufgestellten Ansicht, und gewinnt dadurch so sehr an Wahrscheinlichkeit, daß sie mit der Entstehung zugleich auch die wichtigsten Verhältnisse des Bestehens erklärt. Wir bemerken jedoch, daß wir uns hier zum erstenmale von dem scharf mathematischen Beweise entfernen, um uns einer Hypothese anzuvertrauen, indem über diesen wichtigen Punkt eine direkte Beobachtung oder ein bündiger Beweis nun einmal nicht möglich ist.

B. Die Sonne war anfänglich von einer mächtigen, glühenden und durch ihre Gluth bis über die Uranus-Bahn ausgedehnten Atmosphäre umgeben, deren Masse gleichwohl nur $\frac{1}{700}$ von der des Sonnenkernes ausmachte, wie jetzt die aller Planeten zusammen gegen die Sonne genommen. Sie war ein Nebelstern (§. 3), und noch früher, ehe ihr Kern sich von der Atmosphäre geschieden hatte, vielleicht eine chaotische Nebelmasse (§. 4, B). Dieser Nebelstern rotirte bereits von O. nach W. um seine Achse, seine Hülle kühlte sich allmählich ab und sonderte sich durch diese nach innen fortschreitende Abkühlung in mehre konzentrische und ebenfalls rotirende Schichten, welche wieder, durch die Wirkung der Zentrifugalkraft in der Richtung von den Polen gegen den Äquator zusammengetrieben, allmählich die Form von konzentrisch umeinander gelegenen und um die Achse der Sonne rotirenden Ringen annahmen. Endlich zog sich die Masse dieser Ringe wieder gegen eine zufällig schon dichtere Stelle derselben, oder barst bei mangelndem Gleichgewicht in mehre Stücke, welche alle eine Kugelform annahmen. Ihre bisherige Rotation um die Achse der Sonne wurde hiedurch zur Bewegung in der Bahn um die Sonne, welche Bewegung für alle in **einer** Ebene (§. 10, C), Ekliptik, vor sich ging; — und da an jenen Ringen die äußere größere Seite nothwendig eine schnellere Bewegung als die innere kleinre besaß, welche auch den aus den Ringen entstandenen Kugeln verblieb, so veranlaßte dieß

die Rotation dieser Kugeln um ihre eigenen Achsen. Alle Bahnen und Achsendrehungen mußten die Richtung von W. nach O. behalten (§. 10, D), die Sonne blieb für alle Bahnen der Mittelpunkt (§. 10, B). Die Applattung an den Polen folgte aus der eigenen Rotation. — Was an der Sonne im Großen geschehen, ereignete sich bei noch mehr fortschreitender Abkühlung wieder an den einzelnen Planeten im Kleinen: mehre umgaben sich dadurch mit Ringen, wie sie sich auch am Saturn doppelt erhalten haben, — und bei deren weiterer Theilung mit Monden, deren Rotations-Zeit aber mit der der Bahnbewegung gleich blieb. — Um die dichteren, allmählich erstarrenden Kerne legten sich, den Gesetzen der Gravitation gemäß, die leichtern und flüssig bleibenden Schichten von Wasser und Luft. — Kleine Unregelmäßigkeiten in den erwähnten Vorgängen veranlaßten die kleinen Abweichungen der Planeten-Bahnen von der Ebene der Ekliptik und ihre ungleiche Exzentrizität. Da endlich die anfängliche Atmosphäre der Sonne in ihren innern oder untern Schichten nothwendig dichter gewesen war, als in den obern, so mußten auch, im Allgemeinen wenigstens, die inneren Planeten dichter als die äußeren ausfallen. — (Vielleicht sind die sogenannten 4 neuen Planeten, Vesta, Juno, Ceres, Pallas, da ihre Bahnen nicht in geregelten Abständen liegen, sondern sich nahezu in einem und demselben Knotenpunkte schneiden, durch Zerspringen eines einzigen früheren an dieser Stelle entstanden.)

C. Die **Kometen**, deren wir jetzt so viele in den ehemaligen Bereich der Sonne hineintauchen oder sich ganz darin bewegen sehen, würden damals in die Sonne gestürzt seyn und deren Masse vermehrt haben. Die jetzt vorhandenen müssen also damals andre Wege gehabt haben. Sie gehörten nicht dem Sonnen-Systeme, sondern dem Welt-Raume an, mögen aber bei einer zufälligen Annäherung zur Sonne großentheils von ihr gefesselt, ihre Bahnen mögen erst allmählich in das System der Sonne gezogen worden seyn, woher sich das Gesetzlose in ihrem gegenseitigen Verhalten, die große Exzentrizität ihrer Bahnen, die ungleichen Richtungen derselben u. s. w. erklären.

D. Noch muß inzwischen hier der kleinen **Meteoreisen-Massen** gedacht werden, welche in großer Anzahl und nach allen Richtungen um unsre Erde umherfliegen und nicht selten auf sie niederfallen. Man kennt ihren Ursprung nicht, welchen manche

Physiker ebenfalls im Weltraume suchen, so daß sie selbst die ganze Erde und andere Planeten als eine Vereinigung solcher Massen betrachten möchten, was inzwischen die regelmäßigen rechtläufigen Bewegungen derselben in **einer** Ebene u. s. w. nicht erklärt. Was sich in chemischer Beziehung über die Analogie der Meteorsteine zur Erde sagen läßt, findet man bei Berzelius [1]).

§. 35. **Alter der Erde.** Mag indessen die voranstehende Hypothese (A, B) richtig seyn, oder nicht, so ist

A. Die Richtung der Kraft, welche die Erde in der Ebene der Ekliptik forttreibt, in dieser Ebene selbst gelegen gewesen.

B. Der Stoß, welcher sie in eine fast kreisrunde Bahn trieb, muß sie auch (in der Richtung der Tangente) fast senkrecht zu ihrer ursprünglichen Entfernung von der Sonne (Radius) getroffen haben, wie die Geometrie genauer erweiset (im Kreise ist die Tangente überall senkrecht zum Radius). In der Ellipse aber findet diese senkrechte (oder fast senkrechte) Richtung nur in den Absiden (oder deren Nähe) Statt; hier muß also auch der Stoß erfolgt seyn.

C. Dieser Stoß veranlaßte (soferne er nicht genau auf den Mittelpunkt der Erde ging) nothwendig zugleich die Rotation der Erde um ihre Achse in der Ebene des Äquators, erfolgte mithin auch in dieser Ebene.

D. Nun fällt die Ebene der Ekliptik (A) mit der des Äquators (C) nur zur Zeit der Solstitien, also 2mal im Jahre zusammen.

E. Die Solstitien (D) fallen mit den Absiden (B) nur alle 10.452 Jahre einmal zusammen; folglich könnte nach §. 24, E die Bewegung der Erde nur entstanden seyn in den Jahren

3978 v. Chr.	24882 v. Chr.
14430 „ „	35330 „ „ u. s. w.

h. Rückblick.

§. 36. Wir können daher aus diesen astronomischen zu den folgenden geologischen Untersuchungen eine Reihe von Kräften mit hinübernehmen, welche zwar alle nur Ausflüsse der Anziehung und Bestrahlung durch die Sonne sind, aber uns dienen können, die großartigsten Veränderungen unserer Erdoberfläche während ihrer früheren Ausbildung und die stattgefundenen Erscheinungen zu erklären, welche nach ihren gegenwärtigen Verhältnissen nicht möglich wären,

[1]) Jahrb. *1836*, S. 599 ff.

woraus sich also ergibt, daß die astronomischen Ursachen geologischer Erscheinungen einst größer gewesen seyn können, als sie jetzt sind [1]).

1. Die periodisch schwankende Exzentrizität d. Erdbahn (§. 24, D),
2. die Rotation der elliptischen Erdbahn um die Sonne (§. 24, E),
3. die schwankende Schiefe der Ekliptik . . . . (§. 24, B),
4. die Zu- und Abnahme des Mond-Abstandes . (§. 25, 26),
5. die zwar nicht unmögliche, aber äußerst unwahrscheinliche Vereinigung irgend eines Kometen mit der Erde. . . . . (§. 33, B),

wobei nicht allein die mechanischen, sondern fast überall auch die physikalischen und chemischen Wirkungen von Licht und Wärme zu berücksichtigen sind.

B. Dagegen hat sich nirgend eine Kraft ergeben, der es möglich gewesen wäre, seit der Bildung der Erde die Lage der Erdachse zu ändern, wie öfters angenommen worden.

C. Auch sind alle diese Veränderungen in der Bewegung der Erde von einer in sich selbst zurückkehrenden Art: sie sind schon öfter in gleicher Weise vorhanden gewesen, und werden in gleichen Zeitfristen immer wiederkehren. Nirgend aber hat man eine in gleicher Richtung fortschreitende Veränderung dabei wahrgenommen, welche beständig ab- oder beständig zu-nähme, und als noch mit der Entwickelung der Erde in Verbindung stehend auch nur als letzter Überrest einer solchen Entwickelung angesehen werden könnte, wodurch deren Entstehungszeit fast in's Unendliche zurückversetzt, und daher auch keine ihrer geologischen Perioden von Seiten der Astronomie an Zeitdauer beschränkt wird.

D. Solche Änderungen in den auf die Erde wirkenden Kräften aber, welche in regelmäßigen kurzen Zwischenräumen wiederkehren, kommen hier nicht in Betracht, da sie durch ihre schnelle und regelmäßige Wiederkehr als bleibende Kräfte für unsern Zweck zu betrachten sind.

---

[1]) Wir bestreiten hiemit Lyell's Behauptung vom Gleichbleiben der Intensität geologischer Erscheinungen, sofern sie von astronomischen Kräften bedingt werden, eben so wohl als jene, die von geologischen Kräften selbst abhängen, welches letzte auch schon Conybeare (Jahrb. *1832*, 324) u. A. gethan haben.

II. Theil.

Zweite Lebensstufe.

Leben der Erd-Stoffe.

Chemisches oder Affinitäts-Leben. Tellurisches Leben.

(Geologie [1]) und Theil der physikalischen Geographie.)

Im Allgemeinen.

§. 37. Affinität. A. Die Erde besteht aus vielen Elementen oder Grundstoffen, die in ihren Eigenschaften von einander abweichen und daher als verschieden, ungleichartig (heterogen) zu betrachten sind. Die **Affinität, Wahlverwandschaft, Wahlanziehungskraft** wohnt zwar ebenfalls aller Materie inne, aber nicht aller gegen alle, noch in die Entfernung, noch unter allen sonstigen Verhältnissen, wie die Attraktion (§. 3). Sie besteht nur zwischen Stoffen heterogener Art, welche sie dann zu einem gleichartigen oder homogenen Ganzen zu vereinigen strebt. Sie kann diese Bewegung aber nur bewirken bei unmittelbarer Berührung der Stoffe, und wenn von beiden Verwandten wenigstens einer flüssig ist, um mit seinen Theilchen den andern vollständig zu durchdringen. Zu diesem Ende muß sie aber oft erst andere homogene Verbindungen, in denen eine schwächere Affinität den heterogenen Mischungstheil festhält, auflösen. Da es nun über 50 einfache Stoffe gibt, aus denen die Mischung der Gesammtheit der Körper unserer Erde besteht, so bietet die Affinität, wenn jene auch nicht alle zu allen eine unbedingte Verwandtschaft besitzen, schon von vorn herein die Möglichkeit äußerst zahlreicher Bewegungen und Verbindungen zwischen jenen Elementen unter sich, deren Kombinationen dann wieder

---

[1]) Im weitesten Sinne des Wortes.

neue Verwandtschaften mit ersten oder mit anderen Kombinationen besitzen. Gewöhnlich ist ein Stoff sogar im Stande, mit einem andern in mehren Proportionen sich zu mischen. Da aber fast jede Verwandtschaft größer oder kleiner als die andre ist und sie daher überwindet oder überwunden wird, so muß die Wechselwirkung derselben durch Bewegungen und Erzeugungen sich fast ins Unendliche vervielfältigen. Die Wahlverwandtschaften bleiben aber endlich auch nicht die nämlichen an Art und Stärke in verschiedener Temperatur, unter verschiedenem Druck, bei verschieden großem Vorrath eines vorhandenen Auflösungsmittels u. s. w.

B. Wenn zweierlei Materien, wovon wenigstens eine elastisch oder tropfbar flüssig ist, miteinander eine chemische Verbindung eingehen, so nimmt diese selbst entweder einen **elastisch**= oder einen **tropfbar=flüssigen** oder einen **starren Zustand** an, indem bei jedem Übergang aus dem einen in den anderen der genannten Zustände eine **Zusammenziehung, Verdichtung** (daher Schwererwerden) und zugleich eine **Wärme=Ausscheidung** stattfindet, mit deren Verschwinden sich auch der verdichtete Körper noch etwas zusammenzieht; während umgekehrt da, wo der chemische Prozeß in Folge der Ausscheidung eines gebunden gewesenen Mischungs=Theiles u. s. w. den Übergang desselben in einen minder dichten Zustand herbeiführt, Wärme gebunden, verschluckt (latent) und mithin **Kälte** erzeugt wird. — — Überhaupt unterliegt es keinem Zweifel, daß jeder starre chemische Stoff, Gemisch oder Element, wenn ihm nur von außen die erforderliche Menge von Wärme zugeführt wird, auch ohne Änderung seiner Mischung in den tropfbar und elastisch flüssigen Zustand übergehe, und daß umgekehrt auch jeder flüssige durch Entziehung von Wärme in einen starren Zustand versetzt werden könne, obschon wir für einige den hiezu erforderlichen Kältegrad noch nicht hervorzubringen vermögen. Aber auch innerhalb des starren oder flüssigen Zustandes selbst expandirt die Wärme und kontrahirt die Kälte die Körper mehr oder weniger, und im letzten Zustande am stärksten. Auf diesem Verhalten beruht eine unsägliche Menge von Erscheinungen, insbesondre aber auch die Möglichkeit für viele Körper neue Verbindungen einzugehen, oder wieder sich in den eingegangenen zu erhalten.

C. Ein starrer Stoff kann daher auf zweifache Weise in einen **tropfbar=flüssigen** Zustand versetzt werden, durch Hinzutreten

von **Wärme** oder durch Verbindung mit einem andern bereits flüssigen Körper, welcher in seinen Eigenschaften selbst so indifferent ist, daß er an den Eigenschaften des ersten sonst nichts Wesentliches ändert. Der indifferenteste, in tropfbar- wie in elastisch-flüssiger Form als Dampf verbreitetste und zugleich mit einer sehr großen Menge von Stoffen zu einer Mischung verbindbare (sie auflösende) Körper ist aber das **Wasser**, häufig unterstützt von dem Sauerstoffgas der Atmosphäre, welches, obschon ein vielleicht noch wirksameres Lösungs-Mittel, doch im trockenen Zustande nur auf (verhältnißmäßig) wenige Stoffe wirkt. Wasser ist in den meisten chemischen Verbindungen vorhanden; aber gewöhnlich bewirkt es nur da einen flüssigen Zustand der Verbindung, wo es in größerer Menge hinzutritt. **Wärme** (Feuer) und **Wasser**, zwei von den 4 Elementen der alten Philosophen, sind daher die hauptsächlichsten Auflösungs- und Verflüssigungs-Mittel für die starren Stoffe, welche überall, wo sie mit diesen in neue Berührung kommen, das bestehende Gleichgewicht unter ihren Verwandtschaften aufheben und so das Spiel neuer Bewegungen hervorrufen. Indem sie beide einen flüssigen Zustand herbeizuführen vermögen, geben sie gewöhnlich auch der Attraktion einen neuen Wirkungskreis, soferne die von ihnen aufgelösten Stoffe nicht nach allen Seiten hin unterstützt sind, bewirken ein Fließen, eine Fortbewegung derselben und bringen sie so in Berührung mit andern Stoffen und deren Verbindungen, die ihnen im starren Zustande unerreichbar geblieben seyn würden. — Beide Auflösungs-Mittel verstärken ihre Wirkung (Auflösung) daher noch auf andre Weisen. Die Wärme nämlich a) durch die Herstellung des eben erwähnten beweglichen Zustandes, und b) indem sie die aufzulösenden Körper ausdehnt, die erstarrenden sich zusammenziehen läßt, jene daher außerhalb den Grenzen des bisher von ihnen eingenommenen Raumes treibt, diese leeren Raum zu bilden veranlaßt, und c) indem sie in beiden Fällen der Attraktion sowohl als der Affinität gewöhnlich ein neues freies Feld eröffnet; das Wasser ebenso a), b) und c), indem es (bei b) wenigstens eine voluminösere Verbindung erzeugt, als der starre Körper war, und durch Verdunstung ihn wieder auf sein früheres Volumen reduzirt. Es ist aber auch noch in Anschlag zu bringen d) die Wirkung seiner eignen Schwere bei

der Fortbewegung, e) seiner Fähigkeit Wärme zu entziehen, um sich in Dampf zu verwandeln, u. v. A.

Beide Körper vermögen aber auch: die Wärme, indem sie in noch größerer Menge hinzutritt, — weit unvollkommener und seltner das Wasser, indem es unter Beihülfe von Wärme verdampft, den aufgelösten Körper in **elastisch** flüssige Form überzuführen, oder wenigstens als Dampf kleine Theile desselben mit sich fortzureißen und sie so in einer der Schwere entgegengesetzten Richtung zu verbreiten, während die tropfbar-flüssigen Verbindungen derselben nur der Richtung der Schwere zu folgen vermogten.

Sehr bemerkenswerth und in seinen Folgen äußerst wichtig ist aber noch der zwischen diesen zwei allgemeinen Auflösungs-Mitteln bestehende Gegensatz, Dualismus: 1) da Wasser mit hohen Graden von Wärme zusammen nicht bestehen kann, indem es solche bindet und verdampft, folglich erkältet, wo jene erhitzt, zusammenzieht, wo jene ausdehnt (außer daß es dabei selbst ausgedehnt wird), daher niederschlägt was jene aufgelöst hat, und auflöst was die Hitze durch Verdunstung niederschlägt, so daß beide (das tropfbare Wasser und die höhere Wärme) einander in Zeit und Raum ausschließen, wenigstens wenn nicht zugleich ein verhältnißmäßiger Druck jenes zusammenhält; 2) da die Wärme, wie sich freilich erst später näher ergeben wird, hauptsächlich im Innern der Erde ihren Sitz hat, das Wasser aber seiner spezifischen Leichtigkeit wegen eine der äußeren Schichten des Erd-Sphäroides bildet und auch von dieser Schichte aus in Dampf-Form noch in die äußerste hinaufsteigt; jene wirkt daher von unten nach oben, ausdehnend und hebend, mißgestaltend auf die Oberfläche des Erd-Sphäroides ein; dieses von oben nach unten, indem es der Schwere folgend, in Dampf- oder Tropfen-Form aus der Atmosphäre wieder herabgesunken, von den Höhen der Erdoberfläche gegen deren Tiefen fließt und selbst durch Spalten in ihr Inneres eindringt, chemisch wie mechanisch die vorragenden Höhen zerstört, fortschwemmt und die Tiefen ausfüllt, um wieder zu nivelliren, was die Hitze uneben gemacht hat.

D. Wenn die beiden (oder andre) Auflösungs-Mittel dagegen entweder mit einem starren Stoffe selbst eine starre Verbindung eingehen, oder denselben, indem sie sich von dem aufgelösten Stoffe trennen, in einem starren Zustande zurücklassen, so ist dieser derb (und zwar Glas- oder Stein-artig), oder krystallinisch (faserig oder

blätterig) oder krystallisirt, je nach der Stufe der ihm möglich gewordenen **formellen Ausbildung**. Diese wird begünstigt: durch die Langsamkeit und Ruhe des Bildungs-Prozesses, durch Verdünnung der Lösung oder feine Verbreitung der Theilchen, durch elektrisch-galvanische Thätigkeit, so wie in mechanischer Hinsicht durch genügend freien Raum: bei den feurigen Lösungen daher durch langsame Abkühlung, durch Sublimation u. s. w., bei den wässrigen Lösungen durch langsame Verdünstung u. s. f. In den tieferen Stufen der Ausbildung ist die äußere Gestalt der Massen gewöhnlich durch Gravitation bedingt; nur bei der vollkommenen Krystallisation tritt die einer jeden Verbindung eigenthümliche Form der **Krystalle** oder **Individuen** innerlich und äußerlich hervor, in Gestalt und Richtung die Gravitation überwindend. Doch sind die Krystalle selten rundum entwickelt, sondern gewöhnlich mit einer Seite an andern Körpern festsitzend. Das Zusammentreten verschiedener Elemente zu einer krystallinischen Verbindung erfolgt nur in bestimmten, verhältnißmäßig einfachen Menge-Verhältnissen ihrer **Mischungs-Gewichte**. — Wie manchfaltig inzwischen auch die Krystall-Formen seyn mögen, so kann man sie doch im Allgemeinen bezeichnen: als **Prismen** und von ihnen in der Art ableitbare Formen, daß man an die Stelle der Kanten und Ecken der ersten Fläch en setzt, welche a) gegen die **2 — 3** angrenzenden Flächen oder Kanten im Verhältnisse des Vorherrschens einer jeden derselben geneigt sind, oder b), wenn dieses der Fall gegen eine Fläche oder Kante nicht ist, diese durch eine andere Ersatzfläche nach demselben Gesetz vertreten sind, c) die auch mit den vorigen kombinirt seyn kann; d) welche abgeleitete oder Ersatz-Flächen ferner so, wie sie an einer Ecke oder Kante erscheinen, an allen andern gleichartigen oder gleichnamigen ebenfalls erscheinen müssen, aber an den ungleichnamigen abweichend seyn können, e) und welche an einigen oder allen Ecken oder Kanten mehr oder weniger und selbst bis zu deren gänzlichem Verschwinden ausgedehnt seyn können, so daß statt der anfänglichen ganz anders aussehende Gestalten erscheinen, aber doch nur von eben bezeichneter Art (vgl. Blum's Mineralogie S. **23**, **24**). Da nun die Grund-Prismen Würfel oder quadratische oder rektanguläre oder sechsseitige Säulen seyn können, an welchen beiden letzten die verschiedenen Achsen wieder in allen möglichen Proportionen zu einander stehen, so sind diese Krystall-Formen äußerst zahlreich. Einige

jedoch sind in der Art unsymmetrisch, daß vorzüglich an der Haupt-Achse die zunächst an den beiden Polen liegenden Ecken oder Kanten auf ungleiche Weise durch Flächen ersetzt werden, was dann auf elektrische Polarität dieser Achse bei Bildung des Krystalls hinzudeuten scheint.

Man hat für jede Mischung eine jener Krystall-Formen als **Grund-Form** angenommen: gewöhnlich eine prismatische oder eine auf einfachrem Wege davon ableitbare. Aber diese Grundform kann auch noch in einige damit zunächst verbundene bei gleichbleibender Mischung übergehen (**abgeleitete Formen**). Nur wenige Mischungenb esitzen zwei Grundformen (**Dimorphismus**). Verwandte Elementar-Stoffe haben **oft** gleiche, und Verbindungen verwandter Elementar-Stoffe mit einem gleichen andern Stoffe (Säure) in gleicher Proportion ebenfalls gleiche oder verwandte Grund-Formen.

E. Fragt man nach der Art, nach der zeitlichen und räumlichen **Verbreitung der Wahlverwandtschaften während der Erd-Bildung** insbesondre, so lassen sich kaum einige Vermuthungen wagen. Ging aber die Erde oder wenigstens ihre Rinde, nach unsrer obigen Entwickelung §. 34 B, aus dem elastisch-flüssigen in den tropfbar-flüssigen und aus diesem in den starren Zustand über, so mußte nicht nur schon während des ersten eine unermeßliche Hitze im Erdball vorhanden seyn, sondern auch eine solche inzwischen fortwährend frei werden; die elastisch-flüssigen Hüllen mußten eine vielfach größere Ausdehnung besitzen als jetzt. Dann mögen im Anfange nicht nur viele Affinitäten gänzlich gehemmt, sondern diese auch späterhin gleich den übrigen in so unermeßlicher Hitze und unter so unberechenbarem äußern Drucke verdampfter Materie ganz andern Gesetzen gefolgt seyn, als den jetzt uns bekannten. — In Wahrheit muß allerdings die Thätigkeit der Affinität bestanden haben, seit heterogene Stoffe mit einander in Berührung bestehen, also auch in der ersten Lebens-Stufe, mochte aber lange Zeit, wegen des anfänglich expandirten Zustandes der letzten (§. 34 u. a.) sehr unbedeutend und ihrer Art nach für uns unergründlich gewesen seyn, an Kraft und Manchfaltigkeit aber hauptsächlich erst mit dem Erstarrungs-Prozeß der Erdrinde begonnen haben.

§. 38. **Affinität und Attraktion.** **A.** Wie Wasser und Feuer, so bilden auch Attraktion und Affinität einen an Folgen reichen Gegensatz.

Wir haben bereits erwähnt, daß die Affinität die Gravitation

zu überwinden vermag, indem sich z. B. spezifisch schwere Stoffe aus einer leichteren Flüssigkeit an den Wänden und Decken des die letzten enthaltenden Raumes, statt am Boden, in Krystallform ansetzen, oder auch vom Boden aus in freistehende Krystall-Gruppen sich erheben; oder indem die Einwirkung der Wärme auf einen starren oder flüssigen Stoff und die dadurch bedingte neue Anordnung oder Ausdehnung seiner Massetheilchen mit solcher Gewalt vor sich geht, daß der ungeheuerste Gegendruck dabei überwunden wird.

B. Eben so ist vorhin schon mehrfach erwähnt worden, wie die Affinität überall unmittelbar oder mittelbar auch das mechanische Gleichgewicht der Körper störe und hiedurch der Gravitation da neue Wirkungs-Kreise eröffne, wo diese bereits zum Ziele ihres Wirkens gelangt zu seyn schien.

C. Aber die Attraktion unterstützt nun ihrerseits auch oft zufällig die chemischen Wirkungen, indem sie zuerst zwei Stoffe in die unmittelbare Berührung mit einander bringt, von welcher ihre gegenseitige chemische Einwirkung abhängig ist.

D. In anderen Fällen aber scheint sie mit der Affinität in einem inneren und nothwendigen Zusammenhange zu stehen und als deren Anfang und Grundlage betrachtet werden zu müssen. So hat Link neuerlich beobachtet, daß die ersten unter dem Mikroskope erkennbaren Massetheilchen, welche in einer chemischen Lösung sich zur Bildung eines Krystalles vereinigen, die Gestalt von Kügelchen (oder Bläschen?) besitzen, also dem Attraktions-Gesetze gemäß gebildet sind.

E. Endlich besteht überall eine besondre **Anziehungs-Kraft homogener Theile gegen einander**, ohne welche deren Vereinigung aus verdünnten nassen Auflösungen oder deren Zusammentreten aus verdünnten Dämpfen (Sublimation) zu größeren Krystallen nicht möglich seyn würde, indem zwischen diesen Krystallen überall Räume übrig zu bleiben pflegen, in welchen sich von dem krystallisirenden Körper nichts absetzt. Auf dieselbe Art muß aber auch die oft stattfindende Vereinigung homogener Theile aus einem anscheinend weiten Umkreise zu kleinen und größeren derben Massen erklärt werden, welche äußerlich sphäroidische Gestalten (Attraktions-Gestalten) anzunehmen pflegen.

§. 39. **Hauptabschnitte.** A. Geht man vorerst von der, schon astronomisch theils begründeten (§. 13, 14), theils wahrscheinlich

gemachten (§. 34, B), geologisch aber noch zu erweisende Ansicht aus, daß nämlich die Erde aus einem durch Wärme verdünnten und verflüssigten Zustand allmählich in einen starren übergegangen seye, so würden sich etwa folgende Lebens-Stufen für sie ergeben:

a. Elastisch flüssiger Zustand.
b. Tropfbar flüssiger Zustand.
c. Starrer Zustand; weitre Abkühlung der Oberfläche:
  α) bis zur möglichen Ansammlung des Wassers bei etwa 100° C.;
  β) bis zu Herstellung des Gleichgewichts zwischen Erd- und Sonnen-Wärme.
  γ) Jetziger, stabiler Zustand nach dessen Herstellung.

Rein geologisch (ohne Zuhülfenahme organischer Denkmäler) können wir indessen hier nur 2 Zeit-Abschnitte unterscheiden:

I. bis zur Bildung der plutonischen Erdrinde;
II. bis zur jetzigen Zeit;

diesen zweiten Abschnitt müssen wir aber nicht nach successiven, sondern nach gleichzeitig mit einander wirkenden Kräften unterabtheilen.

a. Die Zeit jenes ersten Zustandes a ist für uns kein Gegenstand weitrer Erörterung, da solcher ohnehin völlig hypothetisch ist (§. 4 B, §. 34). Auch mit der Zeit des zweiten Zustandes b können wir uns nicht beschäftigen, da er zwar nicht zweifelhaft, wir aber durchaus ohne alle unmittelbar geologische Denkmäler aus derselben sind. Aber den Zustand selbst mit seinen Folgen müssen wir in der Geologie doch voraussetzen, weil wir eine Menge und wohl die Mehrzahl geologischer Erscheinungen nur erklären können, indem wir von ihm ausgehen. Was den dritten Zustand betrifft, so sehen wir aus dem ersten Zeitabschnitt α zwar täglich noch manche unmittelbare Produkte, aber demungeachtet läßt auch er kaum viel mehr als Hypothesen zu; wir können auf ihn oft mehr aus physikalischen Gesetzen, als aus chemischen Wirkungen schließen, müssen aber zu Begründung des Folgenden etwas bei ihm verweilen. Der zweite Abschnitt β ist der eigentliche Gegenstand der geologischen Wissenschaft. Der dritte fällt mehr der Geschichte anheim, als der Geologie.

b. Uebrigens ist leicht einzusehen, daß diese Zeit-Abschnitte und ihre Ereignisse nichts weniger als durch scharfe Grenzen von einander geschieden seyn können, sondern sehr allmählich in einander übergehen. Daher auch keine Betrachtung dieser Ereignisse möglich ist, bei welcher ihre natürliche Zusammenordnung unter wissenschaftliche Gesichtspunkte mit ihrer chronologischen Zusammenordnung genauer übereinkäme. Auch greifen die aus verschiedenen Kräften entspringenden Wirkungen unausgesetzt so manchfaltig in einander über, daß, wie sich im Verlaufe mehr ergeben wird, eine weitre chronologische Unterabtheilung nach einer natürlich-nothwendigen, stufenweise voranschreitenden Aufeinanderfolge der geologischen Erscheinungen kaum

möglich seyn dürfte. Ja sogar der Eintritt der, wenn auch noch so unbestimmten, Grenzen der voranstehenden drei untergeordneten Zeiträume wird schwer seyn, bloß aus Affinitäts-Erscheinungen jetzt nachzuweisen: wir antizipiren daher selbst diese Abtheilung der Hauptsache nach aus damit verknüpft gewesenen Erscheinungen des organischen Lebens. Nur die Ansammlung des Wassers bei etwa 100 C. trifft nahe mit dem uns bekannten ersten neptunischen Niederschlägen zusammen, indem diese nämlich schon Reste von Meeres-Bewohnern enthalten. Freilich wissen wir nicht, ob nicht noch ältre Neptunische Gebilde ohne organische Reste durch Metamorphose uns unkenntlich gemacht worden sind.

c. Da es indessen dennoch oft nothwendig ist, im Verlauf der nächsten Untersuchung die Ereignisse chronologisch zu bezeichnen, so benütze ich zu diesem Zweck die bekannte Bildungs-Folge der Gesteins-Formationen, wie sie in der Tabelle zur Lethaea geognostica, in v. Leonhard's Geognosie (S. 186 ff.) und in andern Handbüchern dargestellt ist.

Erstes Buch.

Tropfbar-flüssiger Zustand der Erde bis zur Ausbildung der ersten Erdrinde auf feurigem Wege.

§. 40. A. Die ganze Erde war anfangs flüssig.

a. „Omne ens ex fluido."

b. Jedes selbstständige Wesen kann seine spezifische Form, welche hier die des Rotations-Sphäroides ist, nur aus dem flüssigen Zustande sich angeeignet haben. Daß auch die Erde einst flüssig gewesen, erhellt unwiderleglich aus zwei enge verbundenen astronomischen Thatsachen: aus ihrer Kugelform [1]) und aus deren Abplattung an den Polen (§. 3, B E, §. 13, 14), an einer Stelle mithin und in einem Grade, welche der mathematischen Berechnung aus der Zentripetal- und Axifugal-Kraft genau entsprechen; — dann noch aus einer dritten, ihrer Zusammensetzung aus konzentrischen Schichten, welche nach dem Grade ihrer Dichte und eignen Attraktilität übereinander folgen (§. 12).

c. Einen eben so sicheren geologischen als chemisch-physikalischen Beweis dafür haben wir nicht; doch findet der obige in den folgenden §§. wesentliche Bestätigung, so daß seit langer Zeit auch die meisten Geologen mit dieser Ansicht einverstanden waren. Aber darüber herrschte ein Streit unter ihnen, ob Wasser oder Feuer das Auflösungs- oder Verflüssigungs-Mittel gewesen seye (**wässrig-flüssiger, neptunischer —, oder feurig-flüssiger,**

[1]) Playfair hatte angenommen, die Erde, ein anfangs unförmiger Felsblock, habe sich durch Einwirkung der Tagewasser allmählich abgerundet, eine Hypothese, welche weder so wohl begründet ist wie die obige, noch die Erscheinungen zu erklären ausreicht ꝛc.

vulkanischer oder schärfer bezeichnet **plutonischer** Zustand (**Neptunisten**, oder **Vulkanisten und Plutonisten**).

§. 41. Die Erde war Anfangs feurig flüssig. Man hat dafür zwei bis drei Beweise.

a. Der Hauptbeweis ist, daß nur das Feuer, die Wärme, alle Stoffe in einen tropfbar- oder elastisch-flüssigen Zustand zu versetzen vermag, wie kein andres Auflösungs-Mittel. Insbesondere kann das Wasser, welchem allein man diese Rolle noch zugedacht hatte, nur in der Wärme selbst die Dampf-Form annehmen, aber keinem andern Stoffe diese Fähigkeit mittheilen; — und vermag in tropfbar-flüssiger Gestalt nur einen Theil der übrigen Stoffe aufzulösen und oft nur in so geringem Grade, daß eine 100 — 1000fach größere Wasser-Menge dazu nöthig ist. Eine solche Wasser-Masse ist aber jetzt weder vorhanden, noch erklärbar wohin sie gekommen seyn könnte.

b. Den andern Beweis findet man in der noch jetzt stattfindenden Temperatur-Zunahme der Erde von ihrer Oberfläche an gegen ihren Mittelpunkt, welche in so hohem Grade wächst, daß schon in verhältnißmäßig geringer Tiefe alle Stoffe zum Schmelzen kommen würden. Allerdings aber kann man diese Zunahme nur für eine viel geringere Tiefe durch Beobachtung kennen, wie §. 47 lehren wird.

c. Einen dritten Beweis, entnommen aus der vormaligen Existenz lebendiger Wesen an solchen Punkten unsrer Erd-Oberfläche, wo sie jetzt erfrieren oder doch der Kälte wegen keine Nahrung finden würden, können wir erst im dritten Theile begründen.

d. Woher aber jene Hitze gekommen? Hat sich die Erde nach der bisher zu Grunde gelegten Laplace'schen Theorie als Theil der Sonne gebildet durch Zusammenziehung ihrer in einem Äther-artig verdünnten Zustande im Weltraume verbreitet gewesenen Elemente, so erklärt sich der Ursprung jener Wärme unmittelbar, indem die dabei erfolgende chemische Verbindung sich mit großer Intensität anziehender Elemente sowohl als die mechanische ungeheure Kompression, welcher diese Theile hiedurch unterworfen wurden, eine sehr beträchtliche Wärme-Ausscheidung veranlassen mußten (§. 37); diese Wärme war alsdann im ganzen Erdkörper vorhanden [1].

[1]) Von den zahllosen andern Theorie'n wollen wir hier nur zwei der berühmtesten neuen Chemiker und Physiker anführen. H. Davy leitet, wenigstens die in den Vulkanen sich entbindende, Wärme von der Vereinigung des Sauerstoffs mit leichten Alkali- und Erd-Metallen unter Mitwirkung von Wasser (einem Prozesse, wobei bekanntlich eine große Wärme-Menge frei wird) her im Verhältnisse als die früher durch Expansion fern gehaltene Sauerstoff-Luft und das Wasser durch Klüften und Spalten der Rinde bis zu den noch nicht oxydirten Schichten der Erde eindringen können, um sich mit den am leichtesten oxydirbaren der dort befindlichen Stoffe vorzugsweise zu verbinden. Indessen spricht so Vieles gegen diese Ansicht, daß Gay-Lussac und Berzelius u. A. Gegner derselben sind. — Nach Poisson (*théorie mathém. de la chaleur*, 421) hatte die anfänglich allerdings ganz flüssige Erde sich in ihrer ganzen Masse bereits vollständig und gleichförmig abgekühlt, indem die inneren heißeren und daher leichteren

§. 42. **Die Höhe der Temperatur der flüssigen Erde muß 6000° C. überstiegen haben, die anfängliche Temperatur ihrer erstarrten Rinde aber darunter gewesen seyn.**

a. Diese letzte Temperatur mußte nämlich weit unter dem Erstarrungs- und mithin auch Schmelz-Punkte des strengflüssigsten ihrer bekannten Elemente seyn, wofür man 2000 — 6000° C. annimmt, was nicht über den Grenzen künstlicher Darstellung liegt, wenn alle chemische Wechselwirkung derselben ausgeschlossen gewesen wäre. Wie hoch die Schmelzhitze aber wirklich und wie viel höher sie noch gewesen, haben wir um so weniger Mittel, auf diesem Wege zu bestimmen, als einestheils uns die Bestandtheile des Erd-Innern, ihre Mischungs-Weise, der gewöhnlich weit niedriger liegende Schmelz-Punkt dieser Gemische und die Art der Einwirkung leichtflüssiger Stoffe auf strengflüssige (**Flußmittel**) unbekannt und anderntheils unsre Maßstäbe zur Messung so hoher Temperaturen noch viel zu unsicher sind [1].

Theile in noch flüssigem Zustande beständig gegen die Oberfläche aufstiegen und die schon abgekühlten schweren untersanken, — und die Erde war unter dem Drucke von 30 Millionen Atmosphären von innen heraus erstarrt. Da wurde sie, bereits ganz erkaltet, in irgend eine unbekannte heiße Gegend des Himmels-Raumes, die ihre Hitze von noch glühenden Welt-Körpern empfängt, so lange herumgetrieben, bis sie wieder von außen hinein auf eine beträchtliche Tiefe glühend geworden war und endlich vor Millionen Jahren in die jetzige Gegend des Himmels gelangte, um sich auf's Neue abzukühlen.

[1] Das hauptsächlichste Werkzeug zu Bestimmung hoher Hitze-Grade ist lange der Wedgewood'sche Pyrometer gewesen, dessen Grade-Eintheilung auf der Ausdehnung des Thones in höherer Temperatur beruhet. Daran ist
nach Wedgewood . . . . der 1.° = 580° C. und jeder folgende = 72°
„ Guyton Morveau „ „ = 270° „ „ „ „ = 34°,
also unter der Hälfte der vorigen Angabe. Verbindet man damit die größere Genauigkeit der neueren Beobachtungen mittelst des Daniell'schen Pyrometers u. s. w., so erklärt sich die große Ungleichheit früherer und späterer Angaben über den Schmelzpunkt der Metalle. Dieser wäre nämlich nach

	Dalton.	Chaptal.	Guyt. Morveau.		nach Daniells Pyr.	Verschiedene.	
	Wedgw.	Cels.	Wedgw.	Cels.	Cels.	Wedgw.	Cels.
Zinn	. .	. .	. .	. .	227°	. .	206° Schmidt.
Wismuth . .	. .	. .	. .	. .	239	. .	282° Bischof.
Blei	. .	. .	. .	. .	321	. .	283° Schmidt. 340° Bischof.
Zink	. .	. .	. .	. .	342		
Vesuv. Glas-Lava, 1785 .	. .	. .	. .	. .	. . .	18°	890° J. Hall.
Silber . . .	28°	2596°	22°	1034°	1223		
Kupfer . . .	27	2524	27	1207	1398		
Gold	32	2884	32	1381	1421		
Stein-Lava v. Torre del greco	. .	. .	. .	. .	. . .	40	1630° J. Hall.
Kobalt . . .	130	9940	. .	4690			
Eisen . . .	158	11956	175	6346	1900	. .	1600° Pouillet.
Nickel . . .	150	11380	. .	5100			
Mangan . .	160	12100	160	5825			
Scheel . . .	170	12821	. .	6050			
Platin . . .	170	12821	. .	6050			

b. Einen andern Maßstab zur Berechnung der Temperatur der einst feurig-flüssigen Erde bietet uns die Beobachtung der Temperatur-Zunahme in der Rinde und die darauf gegründete Berechnung der weitern Zunahme in gleichem Verhältnisse bis zum Mittelpunkte der Erde, die alsdann als Überrest der einstigen Temperatur der ganzen Erdmasse noch 200.000° C. haben würde, welche letzte Berechnung aber um so hypothetischer und willkührlicher ist, als die bei dieser Temperatur noch feurig flüssige Masse im Innern zu zirkuliren und hiedurch ihre Wärme überall nahezu auszugleichen vermögte (darüber vergl. §. 47).

c. Aber eine Temperatur weit unter der der erstarrenden Erdrinde ist schon genügend, nicht nur um alles Wasser, sondern auch eine große Menge in gewöhnliche Temperatur starrer Stoffe in Dampfform zu erhalten und ihre Vereinigung mit der Erdfeste zu hindern, deren Hülle aber zu vergrößern. Doch findet sich ein theilweises Gegengewicht in dem Drucke, welchen die obren Schichten dieser ungeheuren Masse von Dämpfen auf die unteren ausübten, so daß sie zum tropfbaren Zustande verdichtet wurden.

§. 43. Die anfänglichen Theile der Erde waren daher ein tropfbar flüssiger Kern und eine elastisch flüssige Hülle, beide von unten nach oben aus (idealen) konzentrischen Schichten immer leichterer Stoffe zusammengesetzt, aber jede Schichte ringsum von gleicher Beschaffenheit; und Kern und Hülle in andern Proportionen als jetzt.

a. Den tropfbar flüssigen Kern bildeten die schwer verdampfbaren Stoffe, die meisten Bestandtheile unseres jetzigen starren Erdkerns. Manche Atome derselben mögen allerdings in der Hülle mit empor getrieben gewesen seyn. Dagegen nahmen an dessen Zusammensetzung auch viele leichter verdampfbare Stoffe Antheil, weil ihnen der Druck der Atmosphäre und chemische Anziehung entgegenwirkte (vergl. §. 60).

b. Die Hülle der Atmosphäre war zusammengesetzt, außer ihren jetzigen Bestandtheilen, noch aus den Dämpfen der Gewässer, aus solchen von vielen andern leicht verdampfbarer Stoffen, und aus manchen Theilen der schwer verdampfbaren.

c. Da es bekannt ist, wie leicht und schnell sich Flüssigkeiten von ungleicher Art (wenn sie nicht eine spezifische Abstoßung gegeneinander ausüben), aber gleicher Schwere in Folge einer eigenthümlichen Anziehung durcheinander mischen, so ist die ringsum gleichbleibende Natur jeder einzelnen Schichte nicht zu bezweifeln, indem lokale Einflüsse damals noch nicht vorkommen konnten.

d. Die damalige Hitze konnte in dem tropfbaren Kern nur eine verhältnißmäßig geringe Verdünnung und Ausdehnung bewirken. Eine desto

Das Clarke'sche Knallgas-Gebläse, welches das Platin zum Schmelzen bringt, schmelzt auch Kalk-, Talk-, Thon- und Kiesel-Erde. Man vergl. Gmelin Chemie a. m. O.; Schmidt Naturlehre, S. 269; Muncke's, Naturlehre, I, S. 483; J. Hall in *Transact. Edinb. Roy. Soc. 1799* > Gilb Ann. VII, 425; > Bischof's Wärmelehre 267, 475.

größere aber in der elastischen Hülle. Diese wurde aber auch wieder durch den Druck ihrer eigenen vergrößerten Masse komprimirt, war daher in ihren untersten Schichten weit dichter, als jetzt, etwa dem Wasser ähnlich, und wegen der Menge in ihr aufgenommenen Wassers in den höhern Gegenden von einer mächtigen Schichte abgekühlter Dämpfe, Wolken umgeben.

e. Über die Hülle vergl. §. 60 ff.

Erstes Kapitel: Die Erdfeste.

§. 44. **Abkühlung.** Der feurig-flüssige Erdkörper kühlte sich in dem kalten Weltraume von außen nach innen allmählich und in einer immer langsamer werdenden, aber sonst nicht näher bestimmbaren, Progression ab, ging dabei (etwa mit 2000° C.) ebenfalls von außen nach innen in den starren Zustand über (§. 42), und gelangte nach Millionen von Jahren zu seiner jetzigen Temperatur, womit man die Abkühlung als vollendet betrachten kann, da solche seit 2000 Jahren wenigstens nicht 0,03° C. betragen hat.

a. Der Weltraum besitzt eine Temperatur, welche wenigstens 50° C. unter 0° liegt (§. 5). Jeder wärmere Körper gibt in einer kälteren Umgebung so lange von seiner Wärme ab, bis er von dieser eben so viel zurück empfängt; so war es denn auch mit der wärmeren Erde. Da die Abkühlung von der Oberfläche ausging, so mußte diese sich auch immer früher und stärker abgekühlt haben, als das Innere, von wo die Wärme erst in Folge dieser äußern Abkühlung nachströmte. Aber die Abstufungen dieser Abkühlung der Zeit nach zu berechnen, besitzen wir wenige Thatsachen. Wir werden aus dem Folgenden (c — g) ersehen, von wie komplizirten Ursachen sie abhing.

b. Die von der Erde **abgegebene Wärme** war theils freie oder fühlbare, theils anfänglich gebundene (latente), welche aber mit dem einfachen Übergang der elastisch oder tropfbar flüssigen Stoffe in einen dichteren Zustand, oder durch Mischungs-Prozesse (? Oxydationen zumal, nach H. Davy) frei wurde und die Progression der Abkühlung stets von Neuem änderte.

c. Der **Abkühlungs-Gang** der Erde war und ist ein zusammengesetzter aus wirklichem Erkalten nach außen hin und aus Erwärmung von außen her; er beruht nur auf dem Plus der abgegebenen gegen die empfangene Wärme. Denn nicht nur sendet die elastische Hülle der Erde selbst beständig wieder einen Theil der ausströmenden Wärme an den Erdkern zurück, sondern auch die Sonne schickt derselben beständig eine Menge neuer Wärme zu, welche an sich beträchtlich, gegen die anfängliche Erdwärme unbedeutend, jetzt deren Temperatur über der des Weltraums erhält.

d. Die verschiedenen **Wege der zusammengesetzten Abkühlung** der Erde sind daher folgende:

Wärme-Ausführung
- vom Innern gegen die Oberfläche des Erdkerns
  - mittelst **Strahlung** (in der Masse)
  - mittelst **Berührung**
    - durch **Leitung** oder **Konduktion** kriechender Wärme
      - in der flüssigen Masse (gering wegen Verschiebbarkeit)
      - in der starren Masse (Rinde) je nach der allgemein schlechten Leitungs-Fähigkeit ihrer verschiedenen Bestandtheile.
    - durch **Cirkulation** der leitenden flüssigen Massen selbst (die sich mit der empfangenen Wärme fortbewegen).
      - eigentliche **Cirkulation**, wobei die tieferen Massen durch die Wärme selbst ausgedehnt und gehoben werden, sich nächst der Peripherie abkühlen, schwerer werden und wieder zurücksinken (flüssige Erdmasse).
      - **Fortführung**, wobei Flüssigkeiten in der Tiefe Wärme annehmen und damit aufsteigen, ohne zurückzukehren, und zwar
        - tropfbare Flüssigkeiten (Wasser; **Quellen**)
        - elastische Flüssigkeiten (**Gas-Exhalationen**)
  - mittelst **Bindung**, wobei der bindende Körper seinen Expantions-Zustand ändert und gebundene und freie Wärme zugleich aufnimmt, und später abgibt, ohne zurückzukehren;
    - dieser Körper ist starr, wird tropfbar-flüssig und erstarrt an der Oberfläche (flüssige Hebungen, Lava-Ströme)
    - dieser Körper ist tropfbar, wird elastisch-flüssig (Wasser-Dämpfe)
  - mittelst Kombinationen dieser Weisen.
- von der Oberfläche des Kerns durch seine Hülle gegen den Weltraum,
  - mittelst **Strahlung** (durch die Atmosphäre)
  - mittelst **Berührung**:
    - durch **Leitung** in flüssigen Massen und daher gering,
      - in tropfbaren Flüssigkeiten der Meere, See'n,
      - in elastischen Flüssigkeiten der Atmosphäre,
    - durch **Cirkulation**
      - der Gewässer in Meeren, See'n,
      - der Gase der Atmosphäre
  - mittelst **Bindung**
    - an starre Stoffe zu tropfbaren (Abschmelzen der Gletscher an ihrer Grundfläche)
    - an tropfbare Stoffe zu Dämpfen, welche nach der Abkühlung in die Höhe der Atmosphäre wieder zurückfallen,
  - mittelst Kombinationen
- von der Oberfläche der Atmosphäre
  - mittelst Strahlung.

Wärme-Einführung
- ein Theil der ausgeführten Wärme wird von der Dunsthülle wieder nach dem Erdkern zurückgestrahlt,
- neue Wärme wird durch Bestrahlung (**Irradiation**) von der Sonne und den Sternen gesendet.

c. Der Abkühlungs-Prozeß wird aber noch zusammengesetzter durch das fortwährend **wechselnde Verhältniß zwischen diesen verschiedenen Abkühlungs-Weisen**. Im Allgemeinen kann man von ihnen sagen, daß sie von Anfang her in so ferne an Intensität der Wirkung abgenommen haben, als auch die Differenz zwischen Erdwärme und Wärme des Weltraumes abnahm und der ganze Abkühlungs-Proceß immer langsamer vorangіng. Aber die extensive Bedeutung derselben an sich und der einen gegen die andern war mit der Zeit überall einem eigenthümlichen Wechsel unterworfen. Die einen nahmen zu, die andern ab. So lange der ganze

Erdkern noch flüssig, fand eine Abkühlung in ihm fast nur durch Cirkulation allein und deßhalb in seiner ganzen Masse zugleich (weil die heißeren Schichten der Tiefe immer wieder an die Stelle der an der Oberfläche schon abgekühlten und schwerer gewordenen traten), daher aber für die Oberfläche langsamer Statt, als man bloß nach jener Wärme-Differenz erwarten sollte. Zur Zeit der Erstarrung der Rinde war die Entwickelung gebundener Wärme (b) am beträchtlichsten und verzögerte die Abkühlung. Nach der Erstarrung aber wurde die Abkühlung immer mehr verzögert durch die Zunahme der Dicke der aus schlechten Wärme-Leitern zusammengesetzten Rinde, in einem Grade, welcher endlich fast einer gänzlichen Hemmung gleich kam, da mit dem Schwinden der atmosphärischen Dunst-Hülle (§. 43, b) die direkte Erwärmung durch die Sonnenstrahlen zunahm und den Betrag der ausgeführten Wärme immer mehr ausglich. Auch die Entführung der Wärme durch Überquellen der geschmolzenen Massen, durch heiße Quellen, durch Gas-Exhalationen, durch Wasser-Dämpfe mußte abnehmen in dem Verhältnisse, als die Dicke der Erdrinde zunahm. — Was dagegen die Atmosphäre betrifft, so wurde sie allmählich um so mehr Wärme-durchlassend (**diatherman**) und fähig die Abkühlung ihrerseits zu beschleunigen, als sie niedriger, verdünnter, von Dünsten heller und dabei die Wasserhülle auf einen kleinern Raum der Erd-Oberfläche beschränkt wurde.

f. Die Atmosphäre selbst nahm daher hiedurch **doppelt** an Wärme ab, einmal nach Maßgabe der Abkühlung des Erdkerns, und dann im Verhältnisse ihrer Verdünnung, Reinigung und Aufhellung u. s. w.

g. Der vielen Schwierigkeiten ungeachtet, hat Fourier eine Berechnung über diesen Gegenstand versucht. Er denkt sich die Erd-Oberfläche liegend zwischen einer festen Masse, deren Temperatur die Glühhitze übersteigt, und zwischen einem unendlich großen Raume, dessen Temperatur unter 50° C. ist. Er berechnet dann das Gesetz, wornach eine durchaus erhitzte massive Kugel ihre Wärme in einem kälteren und gleichkalt bleibenden Raum verliert u. s. w. Er stellt demnach als Resultate auf, daß

α. die Erd-**Oberfläche** sich anfangs sehr rasch abkühlte;

β. daß die Oberfläche jetzt nicht mehr um 0°,033 C. wärmer seye, als ihrem künftigen ganz stationären Zustand entspreche;

γ. daß sie sich jetzt so langsam abkühle, daß sie erst in 30.000 Jahren die erste Hälfte jenes Überschusses noch verlieren könne;

δ. daß die Wärme, welche die Erd-Oberfläche jetzt binnen einem Jahrhundert abgebe, nur eben genügen könne, um eine 3m,1 hohe Eis-Säule zu schmelzen [1];

ε. daß seit Hipparch bis 1827 (= 1977 oder in runder Zahl 2000 Jahre) die Abkühlung der Oberfläche nicht 0,03° C. betrage.

ζ. Setzt man nun die Temperatur des Weltraums gleich — 57° C., die mittle Temperatur des Äquators = 27,5° C., so war dessen Temperatur vor 1977 Jahren um 57° + 27°5 + 0,°03 = 84°,53 C. und ist jetzt um

[1]) *Théorie de la chaleur*, *Paris 1824* > *Ann. Chem.* XIII, 448 und XXVII, 136 > Bischof, Wärmelehre 365, 366.

84°5 C. höher, als die des Weltraums, woraus sich für die geometrische Reihe der jährlichen Abkühlung ein Exponent von 1,000355 ergibt, welchem gemäß

A. für die Abkühlung der Erde um 1° R. oder 1°,25 C.		82.836 J.
B. „ „ „	des Äquators bis auf 0,01° Temperatur-Überschuß	49.105.914 „
C. „ „ „	der gemäßigten Zone 27°5 C. bis auf 10° C.	1.291.772 „

nöthig sind [1]).

h. Um mit Vermeidung so komplizirter und auf unsicheren Grundlagen beruhender Berechnungen die Frage wenigstens den Hauptsachen nach zu beantworten, unternahm G. Bischof [2]) eine Reihe von Versuchen im Kleinen, indem er Basalt-Kugeln von 24'' (A), 27''25 (B) und 9''66 (C) Durchmesser, in kugelförmigen Tiegeln geschmolzen, in den starren und kalten Zustand übergehen ließ. Da im flüssigen Basalt der Kupfer-, aber nicht der Eisen-Draht schmolz, so muß dessen Temperatur nach seiner noch näheren Berechnung wenigstens 1562° C. (vgl. S. 73, Anmerk.) gewesen seyn; aber die genaue Messung des Abkühlungs-Ganges konnte der früheren Unanwendbarkeit der Instrumente wegen erst von 230°4 R. oder 288° C. Temperatur-Überfluß an abwärts beginnen, welchen die Kugel A an der Oberfläche schon nach 8 Stunden angenommen hatte. Es ergaben sich folgende Resultate für die Zeit der Abkühlung:

α. Daß (in A) die Abkühlung der Oberfläche in einer geometrischen Reihe erfolge, deren Exponent nach 12stündigen Zwischenräumen = 2,1704, daher nach einstündigen Räumen = $\sqrt[12]{2,1704}$ = 1,0667 ist [3]), nach welcher die Kugel eben so viel Zeit brauchte, um an ihrer Oberfläche vom Erstarrungs-Punkte an auf 1,°94 R. oder 2,°43 C., als von diesem auf 0,°01 R. oder 0,°013 C. über die Temperatur der Umgebung herabzukommen [4]);

β. daß die Abkühlung zweier ungleich großen Kugeln (B und C) von gleicher Materie und gleichen Temperatur-Überschüssen über das umgebende Medium sich in gleichen Zeiten genau umgekehrt wie die Durchmesser verhalten [5]);

γ. daß demnach die Erde, wenn ihre Wärmeleitungs-Fähigkeit die nämliche wie bei dem Basalt wäre (während ein metallischer Kern die Leitung vermehren und die Abkühlung beschleunigen würde), zu einer Abnahme von 288° C. bis auf 0,013° C. über die Temperatur des Weltraums 353 Millionen Jahre nöthig hätte, welche Erkältung aber der Bestrahlung und Erwärmung durch die Sonne wegen nie möglich ist [6]);

δ. daß seit Hipparch (= 1977 Jahre) die Temperatur der Erde nur um 0,°0034 R. = 0,°00425 C.' abgenommen haben könnte (S. 41, D)

[1]) a. a. O.; Littrow in Gehlers Wörterbuch, Temperatur der Erde; und Bischof Wärmelehre S. 479—481.
[2]) Wärmelehre 1837, 8°. — [3]) Das. S. 466, 477.
[4]) Bisch. S. 478. — [5]) Bisch. S. 505. — [6]) Bisch. S. 492.

wenn nämlich auch hier die Bestrahlung durch die Sonne unberücksichtigt bliebe [1]).

§. 45. **Zusammenziehung.** Da fast alle Bestandtheile der Erde sich zusammenziehen, wenn sie sich abkühlen, insbesondre wenn sie dabei in eine andre Aggregat-Form übergehen, so hat auch der Erdkörper während seiner Abkühlung sich zusammengezogen. Wir besitzen aber fast nur über die niedersten Zusammenziehungs-Stufen der Erdstoffe nähere Kunde, und erfahren daraus nur, daß die Zusammenziehung der Erde jetzt fast gänzlich ihr Ende erreicht hat.

a. Was die unmittelbaren Beobachtungen an den Bestand-Stoffen unserer Erde betrifft, so gilt als bekannte Regel: daß verschiedene Körper im Allgemeinen um so mehr ausgedehnt werden, je weniger dicht sie sind, und in einem je weniger dichten Aggregat-Zustande sie sich befinden; daß aber die Ausdehnung desselben Körpers mit seiner Wärme-Zunahme in geradem Verhältniß stehe, bis er sich dem Punkte nähert, wo er seinen Aggregat-Zustand ändert. Umgekehrt verhält es sich also mit der Zusammenziehung. Mehr wegen spätrer, als wegen gegenwärtiger Fragen stellen wir hier die Erfahrungen über die Ausdehnung und Zusammenziehung natürlicher Bestandtheile der Erde zusammen (das Glas steht dabei, weil es oft zur Vergleichung dient). Die beobachtete Ausdehnung [2]) der Körper ist

	von 0° C. bis 100° C. Linear.	
Eis	1,024512	PH.
Metalle.		
Quecksilber . .	1,018018	DP.
Zink	1,002968	Ho.
Blei	1,002902	„
„	1,002848	CC.
„	1,003086	B.
„	1,002271	GM.
Zinn	1,002094	Ho.
„	1,002483	Sm.
Silber	1,001909	LL.
Kupfer	1,001718	DP.
Gold	1,001466	LL.
Wismuth . . .	1,001392	Sm.
Eisen (Schmiede-)	1,001135	DP.
„ (Guß-) . .	1,001109	R.
„ „ . .	1,001147	A.
Spießglanz . . .	1,001083	Sm.
Platin	1,000984	DP.
Glas . . .	1,000897	LL.
Ziegelstein .	1,000493	A.
Steine.		
Eisenschüss. New-red-Sandstone, Connecticut . .	1,00172	T.
Sandstein v. Craigleith	1,001174	A.
Sicilischer Marmor, weiß .	1,001104	A.
Carar. Marmor .	1,001072	DS.
Penrhyn-Schiefer	1,001038	A.
Feinkrystallin. Urkalk aus NYork	1,00102	T.
„Arbroath Pavement“ . . .	1,000899	A.
Rother Peterhead-Granit . . .	1,000897	A.
„Caithneß Pavement“ . . .	1,000895	A.
Feinkörn. Granit aus NYork . .	1,00086	T.
Grünstein v. Ratho	1,000809	A.
Grauer Granit v. Aberdeen . .	1,000789	A.
Carar. Marmor .	1,000654	A.
Schwarz. Marmor	1,000450	DS.
desgleichen von Galway . . .	1,000445	A.
	Kubisch.	
Quecksilber	1,018018	
Süßes Wasser	1,0466	
Salzwasser	1,0500	
Gase	1,375.	

[1]) Bisch. S. 492.

[2]) Beobachtungen von Adie (A.), Lavoisier und Laplace (LL.),

Die Ausdehnung starrer Körper scheint aber mit höherer Temperatur zuzunehmen, wie Dulong und Petits Versuche zeigen, wornach „das Volumen“ bei 0° C. = 1 gesetzt, die Ausdehnung auf jeden Grad beträgt [1])

	0° — 100° C.	100° — 200° C.	200° — 300° C.
Kupfer . . .	0,00001841	. . . . . .	0,00002018
Eisen . . .	0,00001267	. . . . . .	0,00001574
Platin . . .	0,00000947	. . . . . .	0,00000984
Glas . . .	0,00000861	0,00000984	0,00001086

Für größere Temperatur-Differenzen findet Fox [2])

	Ausdehnung bis zum Dunkel-Rothglühen.	Zusammenziehung beim Erkalten.
bei Granit	0,020	vollkommen.
„ Feldstein-Porphyr aus einem Dyke	0,017	desgl.
„ Schieferthon	0,013	nur halb.
„ Grünstein	0,012	ziemlich vollständig
„ Serpentin	0,000	

„ Atmosphärischer Luft auf 2,25, und im starken Rothglühen auf 2,50, wenn hier, wie oben, ein Druck entgegenwirkt.

Basalt wie Eisen ziehet sich vom Erstarrungs-Punkt an bis zur gänzlichen Abkühlung um 0,01 zusammen [3]).

b. Was nun die **Schnelligkeit der Zusammenziehung** betrifft, so entspricht solche der Schnelligkeit ihrer Abkühlung, wovon §. 44, c — h die Rede war; diese ist aber bei verschiedenen Stoffen von ihrer verschiedenen Leitungs-Fähigkeit für die Wärme abhängig (vergl. §. 47, e).

c. Von der bekannten Zusammenziehungs-Größe der wesentlichsten Erd-Bestandtheile bei fortschreitender Abkühlung ausgehend, fand nun Laplace mittelst astronomischer Berechnung, daß die Zusammenziehung der Erde jetzt ganz unbemerkbar geworden sey. Die Erde kann sich nämlich nicht zusammenziehen, ohne daß ihre Oberfläche an Schnelligkeit der Rotation zunähme, (§. 15, A); diese Schnelligkeit der Rotation hat aber seit 2000 Jahren so wenig zugenommen, daß sich die Länge eines Tages nicht um 0,01 Sek.

Dulong und Petit (DP.), Dunn und Sang (DS.), Berthon, (B.), Hällström (Ha.), Horner (Ho), Placidus Heinrich (PH.), Kater (K.), Guyton Morveau (GM.), Roy (R.), Smeaton (Sm.), Struve (St.), Totten (To.), entnommen aus Jameson's Journ. *1835*, XIX, 207 > Jahrb. *1836*, 401 (die von Adie), Muncke's Naturlehre 417 und Schumachers astron. Jahrb. *1838*, 164 — 166, Silliman's Journ. *1832*, XXII, 136 — 140 (Totten's Versuche, zwischen — 14,5° u. + 43° C. in der Sonne veranstaltet, von Bartlett beschrieben, und dann auf obige Temperatur-Differenz berechnet, unter der Voraussetzung, daß sich die Zunahme gleichbleibe). Eine vollständigere Zusammenstellung gibt Muncke in Gehler's Wörterbuch I, 582.

[1]) Muncke a. a. O.

[2]) Im *Lond. Philos. Mag. 1832*, I, 338 > *Jahrb. 1833*, 221.

[3]) Bisch. 452.

geändert hat (§. 23, d), obschon eine Abkühlung der ganzen Erdmasse um 1° C. solche schon um 0,02 Sekunden verkürzen müßte. Daher auch dieser Versuch der Berechnung nur ein sehr negatives Resultat gibt.

§. 46. **Zusammenziehung und Abkühlungs-Dauer.** Schließt man nun auch aus der Zusammenziehung der Erde auf ihre Abkühlung, so gelangt man wieder zu dem früheren (schon §. 44 gegebenen) Resultate, daß die letzte Millionen Jahre gewährt haben müsse und daß die jetzige Temperatur der Erdrinde so gut wie keine Verminderung mehr erleide.

a. Laplace hatte aus der seit Hipparch gleichbleibenden Länge des Tages die gleichbleibende Ausdehnung der Erde und daraus die jetzt gleichbleibende Temperatur derselben gefolgert, so daß in dieser Zeit von fast 2000 Jahren die Abkühlung nicht 0°,5 C. betragen haben könnte (§§. 23, D, 45). Aber auch diese ist nicht erwiesen.

b. Arago rechnet noch schärfer. Setzt man die Zusammenziehung der ganzen Erdmasse beim Erkalten nur eben so groß, als beim Glase, nämlich = 0,000897 (S. 79) oder in runder Zahl 0,001 für hundert Grad, so würde eine Abkühlung der ganzen Erdmasse um 1° R. = 1°,25 C. deren Durchmesser um 0,00001 verkleinert, mithin den Gesetzen der Mechanik zufolge ihre Rotations-Geschwindigkeit um 0,00002 vergrößert und ebenso den Tag um 0,00002 seiner Länge = 1,728 Sek. verkürzt haben. Da aber die Verkürzung nach §. 45 b nicht 0,01 Sek. beträgt, so kann die Abkühlung der Erdmasse für diese Zeit auch nicht einmal $\frac{0^{\circ},01}{1,728}$ = 0°,0058 R. oder 0°,00725 C. (oder, um noch sicherer zu gehen und runde Zahlen zu erhalten, doch nicht 0°,01 R. oder C.) ausmachen. Die wirkliche Abnahme um 1° R. = 1°25 C. würde daher bei gleichbleibender Progression wenigstens $\frac{2000}{0^{\circ},0058}$ = 344.828 Jahre erfordern [1]).

c. Littrow hat die Abkühlungs-Zeiträume für die 3, in §. 44, g, ≥ mit A, B und C bezeichneten Fälle zweimal berechnet, einmal, indem er mit Arago die Zusammenziehung der Erde so groß wie beim Glase setzte, und dann indem er von einigen andern ihm wahrscheinlichern Annahmen ausging, die wir nicht verfolgen wollen, und fand für [2])

	zuerst		dann		
A	20.000,		334.000	Jahre	zwischen welchen extremen Ergebnissen mithin das obige in der Mitte liegt.
B	„ 12.000.000,	„	198.450.000	„	
C	„ 313.000,	„	5.220.000	„	

d. Gegen diese Berechnungen läßt sich einwenden, daß die Temperatur des Weltraumes wohl noch zu hoch angenommen worden seyn mögte; daß auch die zugegebenen Änderungen in der Länge des Tages noch nicht erwiesen sind; daß der Einfluß der Sonne dabei außer Acht geblieben ist, u. v. A. Für unseren Zweck aber ziehen wir daraus das Resultat, daß die fraglichen

[1]) Littrow in Gehlers physikal. Wörterbuch, Art. „Temperatur der Erde", und in „Wunder des Himmels" III, 184.
[2]) „Temperatur der Erde".

Zeiträume fast unendlich lang seyn müssen, wie schwankend auch die Basen seyen, von welchen wir bei der Berechnung ausgehen.

e. Eine regelmäßig gleichförmige Zusammenziehung fand zweifelsohne auch darum nicht statt, weil (§. 49, d und a) einzelne Massen schneller erstarrten als andere, daher der allgemeinen Zusammenziehung nicht mehr in gleichem Grade nachgeben konnte: sie bildeten ein Gerüste, innerhalb welchem dann leere Räume bleiben mußten:

§. 47. **Wärme-Zunahme nach innen.** Im Innern ist aber die Abkühlung der Erde hauptsächlich wegen schlechter Wärme-Leitung der einmal erstarrten Rinde einer viel langsameren Progression gefolgt; ihre Temperatur ist daher dort noch jetzt so hoch, daß sie schon in der verhältnißmäßig geringen Tiefe von wenigen Meilen unter der Oberfläche hinzureichen scheint, um die Erde in einem flüssigen Zustande zu erhalten.

a. Man hat schon über einige Hundert verschiedener Messungen, in Europa wie in Amerika und Indien, über die Zunahme der Temperatur von der Oberfläche gegen die Tiefe der Erde veranstaltet und die Wärme theils der Luft, theils der Gesteine, theils der aus denselben hervortretenden Wasser gemessen. Diese Messungen gehen jedoch nirgends über 1600′ tief von der Oberfläche nieder. Mit Ausnahme von 1 — 2 Fällen hat man überall eine fortschreitende Zunahme der Temperatur nach der Tiefe wirklich beobachtet und als Mittel aus allen, besonders aber aus den das meiste Vertrauen verdienenden, Beobachtungen ein Wachsen von 1° C. auf 100′ Par. Tiefe (nach Muncke, — auf 97′5 nach Bischof [1]) berechnet, in den meisten Fällen eines von 1° C. auf 50′ bis 200′ gefunden und in einzelnen Extremen eines von 1° C. auf 36′ und 2323′ beobachtet [2]).

b. Diesen Messungen kann man als Beweis für die Zunahme der Erd-Wärme nach innen die Temperaturen vieler Quellen beigesellen, welche aus größeren (freilich nicht bekannten) Tiefen entspringen und mithin eine Temperatur besitzen, welche diesen Tiefen entsprechend ist, so weit sie nicht auf ihrem Wege nach der Oberfläche schon wieder einen Theil dieser Wärme an kältere (aber allmählich etwas durchgewärmten) Gesteins-Schichten abgegeben haben. Diejenigen Quellen nämlich, welche nur 0°,5 bis 2° bis 5° über die mittle und daher aus der Oberfläche der Erde zu entnehmende Temperatur der Gegend besitzen (während andre 50° und 100° erreichen) sind außerordentlich häufig in allen Welttheilen und Gebirgshöhen verbreitet. Auf die unmittelbaren Beobachtungen in den Erd-Tiefen (a) gestützt, kann man aus der Temperatur einer solchen Quelle das Minimum der Tiefe berechnen, aus welcher sie heraufkommt.

[1]) Wärmelehre, S. 254, 268.

[2]) Eine sehr vollständige Zusammenstellung findet man von Muncke in Gehlers physik. Wörterb., „Temperatur", *1838*, IX, 233—268; auch in Bisch. Wärmelehre. Eine Menge Detail-Angaben im Jahrb. *1830*, 366; *1831*, 1—16, 324, 385; *1832*, 19, 432, 457, 457; *1833*, 77, 341, 715, 717; *1835*, 96, 705; *1836*, 88; *1837*, 42; *1838*, 68, 342, 686, 706 u. s. w.

c. Da man aber auch beobachtet hat, daß die Temperatur der Meere und See'n nach der Tiefe hin abnimmt, und zwar in den größten erreichten Tiefen bis wenige Grade über 0° sinkt, so hat man daraus eine Widerlegung der obigen Folgerungen schließen wollen. Diese Erscheinung beruht aber auf dem Umstande, daß die dem See-Grunde benachbarten Wasser-Schichten im Verhältnisse ihrer Erwärmung sich ausdehnen, leichter werden, aufsteigen und immer wieder dichtere und kältre an ihre Stelle nachsinken lassen; so daß dann die dichtesten auch die tiefsten Stellen einnehmen. Süßes Wasser besitzt seine größte Dichte bei 3°,75 C., Seewasser aber bei tieferer Temperatur. So hat man in großen Tiefen des Meeres bei niederen Breiten Wasser von 2°,20, in hohen Breiten solche von — 2°,5 C. gefunden. — Eine Abkühlung aber bis zur Bildung und Ansammlung von Eis auf dem Seegrunde würde auf diesem Wege nie eintreten können, weil das Eis wieder beträchtlich leichter ist, als das darüber stehende Wasser.

d. Wenn die vorhandenen Messungen im Einzelnen so ungleiche Progressionen der Wärme-Zunahme nach unten ergeben, so liegen die Ursachen, von leicht unterlaufenden Beobachtungs-Fehlern abgesehen, in der

Jahreszeit: weßhalb man von der mittlen Temperatur der Gegend für die Bestimmung der Luft-Temperatur ausgeht. Aber diese dringt in verschiedenen Jahreszeiten mit verschiedenem Erfolg bis zu 75' Tiefe ein.

Geographische Breite: sie verändert den Anfangs-Punkt der Beobachtungs-Reihe möglicher Weise um 25° C. auf- und ab-wärts, nicht nur an der Oberfläche, sondern influirt auch zwischen den Tropen bis zu etwa 5', in höheren Breiten bis zu 75' Tiefe.

Gebirgshöhe: sie kann den Anfangs-Punkt der Temperaturen-Reihe um 30° erniedrigen, und um so mehr auf die Erd-Schichten influiren, als das Gebirge etwa schmal und freistehend ist und die äußere Temperatur in größern Höhen auch noch seitwärts eindringt.

Lokal-Klima: von andern Ursachen abhängig.

Bedeckung des Bodens, mit Wasser oder Luft, Sand oder Baum-Wuchs.

Leitungs-Fähigkeit der Gebirgs-Arten, welche den Einfluß der Wärme von oben und unten, oder den des sie durchdringenden Wassers [1]) vermitteln.

Eindringende Tagewasser von oben, heraufdringende starke Thermen von unten (sehr lokal).

Lokale Dicke der bereits erstarrten Erdkruste, mithin größre oder geringre Nähe des flüssigen Innern.

e. Das **Wärmeleitungs-Vermögen** verschiedener Erd-Bestandtheile verdient in dieser, wie in andern Beziehungen (§. 45, b) eine besondre Berücksichtigung, weßhalb wir einige spezielle geologische Beobachtungen hier zusammentragen unter dem Bemerken, daß die verhältnißmäßige Größe und andre Beschaffenheit der Oberfläche hiebei nicht übersehen werden dürfe. Dieses Wärmeleitungs-Vermögen begreift übrigens eine Menge

[1]) Nach Fox steht die höhere Temperatur den Gesteins-Schichten nicht unmittelbar selbst zu, sondern rührt von wärmerem Wasser her, welches durch kälteres emporsteigend überall Wärme abgibt und so eine Menge sehr lokaler Ungleichheiten veranlaßt (Jahrb. *1838*, 344).

einzelner Erscheinungen in sich, welche zu trennen nicht immer leicht ist. Man hat demnach zu unterscheiden:

Die Zu- und -Ableitungs-Fähigkeit (Erwarmen, Erkalten, Aufnehmen und Abgeben), die Fortleitungs-Fähigkeit, die Durchleitungs-Fähigkeit (der Dichtigkeit des Körpers proportional), die Wärme-Capazität u. s. w., worüber man die besonderen Angaben in den Lehrbüchern der Physik zusammengestellt findet [1]). Hier ist die Einwirkung des Gesteins auf das Thermometer, auf das Gefühl, auf berührende Luft und Wasser verstanden.

Nach Henwood's zahlreichen (130) und sorgfältigen Beobachtungen in Cornwall ist in gleichen Tiefen von 1 bis zu 200 Faden hinab (mit 10° bis 28° Wärme) die Temperatur des Thon-Schiefers im Mittel um 1°,5 C. höher, als im Granit [2]). Dasselbe bestätigt Fox, der sich jedoch spezieller mit der Temperatur der Metall-Gänge beschäftigte (vgl. S. 83, Anm.). Im Allgemeinen fand er deren Temperatur um 1°,25 bis 2°,7 C. höher als im Gestein, zumal im Granit. Kupfer-Gänge pflegen wärmer als Zinn-Gänge zu seyn [3]). Die Meinung, daß Zinnstein-Gebirge kälter als anderes seye, soll überhaupt sehr verbreitet seyn, und die Thatsache selbst ist nach Reich in dem des Sauberges zu Ehrenfriedersdorf und in der Heinrichs-Sohle bei Altenberg im Erzgebirge nicht zu bezweifeln. — Aus dem großen Unterschied im Leitungs-Vermögen der Kohle und der Erze findet es Bischof [4]) wahrscheinlicher, daß die schnellere Temperatur-Zunahme im Steinkohlen- gegen die metallischen Gebirge dieser Ursache, als daß sie der Zersetzung von Schwefelkiesen zuzuschreibei. seye. Als Mittel der Beobachtungen in 5 Preußischen Kohlen-Gruben ergab sich nämlich eine Wärme-Zunahme von 1° C. auf 98',6, und in 2 Erz-Gruben (? desselben Gebirges) eine von 1° C. auf 260',4. — Im Übrigen weiß man, daß die aus Granit-Gebirgen zu Tage gehenden Quellen im Durchschnitte wärmer als solche aus Flötz-Gesteinen sind, was nun wieder nicht ohne lokalen Einfluß auf die Gesteins-Art bleiben kann.

f. Bis jetzt hat man angenommen, daß die Wärme-Zunahme nach der Tiefe einer einfachen arithmetischen Reihe folge; die an jeder Station in verschiedener Tiefe auf den Thermometer einwirkenden Lokal-Ursachen sind so beträchtlich, daß kleinre Progressionen darunter verschwinden. Es ist aber wahrscheinlich, daß, wenn genauere Messungen oder ein tieferes Eindringen in die Erde möglich wären, man eine geometrische Reihe erhalten würde, wie Bischof an seinen sich verkühlenden Basalt-Kugeln fand (§. 44, h). Er beobachtete nämlich an der Kugel A über die Abnahme von außen nach innen hinsichtlich der

a. Tiefe: daß, obschon die ganze Kugel anfangs eine gleiche Temperatur besitze, sich mit beginnender Abkühlung der Oberfläche bald eine größer-bleibende Höhe der Temperatur in größerer Tiefe der Kugel erkennen lasse, deren Progression eine geometrische ist.

[1]) Muncke Naturlehre I, 454—468. — [2]) Jahrb. *1839*, 101.
[3]) *Ann. chim. phys.* XVI, 80; Gilb *Ann.*, LXXVI, 413, 418, 427.
[4]) Wärmelehre, 171.

β. Tiefe und Zeit: daß in verschiedener Tiefe bis zum Mittelpunkte gelegene Stellen eine nach innen zu etwas langsamer werdende Reihe der Abkühlung durchlaufen [1]). Bezeichnen nämlich a, b, c, d die Temperatur-Überschüsse zu einer gewissen Zeit der Abkühlung in Punkten zwischen der Oberfläche der Basalt-Kugel und ihrer Mitte, deren Abstände von einander eine arithmetische Reihe bilden, und ist e der Erkaltungs-Exponent auf der Oberfläche für einen gewissen Zeitraum, so scheinen die Temperatur-Überschüsse in dem $n$fachen Zeitraume zu seyn:

$$\frac{a}{e^{n-1}} \qquad \frac{b}{e^{n-1}\,\varepsilon^{n-1}} \qquad \frac{c}{e^{n-1}\,\varepsilon^{2(n-1)}} \qquad \frac{d}{e^{n-1}\,\varepsilon^{3(n-1)}}$$

wo ε ein aus den Beobachtungen zu ermittelnder Exponent ist. In den Beobachtungen an der Kugel B war e für den Zeitraum einer Stunde = 1,0409, ε aber = 1,00067.

g. Konstruirt man sich bis auf genauere Kenntniß des Wärme-Zunahme-Gesetzes nach a eine Tabelle über diese Zunahme bis zu der Tiefe, in welcher wohl alle Stoffe (ohne Berührung mit einander gedacht) geschmolzen seyn würden (§. 42, Anm.), so erhält man

Tiefe		Temperatur	Deren Wirkungen.		Bemerkungen.
in Fußen.	in Meilen.	nach Celsius.	Schmelzen. §. 42.	Verdampfen.	
3.000	. .	30°			
4.000	. .	40			
5.000	0,22	50			
6.000	. .	60			
7.000	. .	70			
8.000	. .	80			
9.000	. .	90			
10.000	0,44	100	Phosphor, Kalium, Jod, Schwefel	Wasser.	
20.000	0,89	200	. . . .	Jod, Arsenik, arsenigeSäure.	
30.000	1,31	300	Zinn, Wismuth . .	Schwefel, Phosphor, Salmiak.	
35.000	. .	350	. . . .	. . . . . .	Schwaches Rothglühen im Dunkeln (Newt. Bischof).
40.000	1,75	400	Blei, Zink	Kalium, Quecksilb.	
50.000	2,19	500	Tellur, Antimon (d'Alt.)	. . . . . .	Schwächstes Rothgl. bei Tag (Dan.).
60.000	2,63	600	Lithon.		
70.000	3,07	700	Wismuth-Oxyd, Kochsalz.	Chlornatrium [2]).	
80.000	3,50	800	Kohlens. u. schwefels. Kali.	Antimon [2]) .	Starke Rothglühhitze (Prechtl).
90.000	3,94	900	Glasige Lava.	Kochsalz?	
95.700	4,19	957	. . . .	. . . . . .	Wasser beginnt unter seinem eigenen Drucke zu verdampfen (Arzb.).
100.000	4,38	1000			
110.000	4,82	1100			
120.000	5,27	1200	. . . .	Baryum.	
130.000	5,70	1300	Silber.		
140.000	6,13	1400	Kupfer.		
150.000	6,57	1500	Gold.		
160.000	7,01	1600	Kohlens. Kalk, Basalt	. . . . .	Anfang d. Weißglüh.

[1]) Wärmelehre, 505 ff.

[2]) Nämlich bei offenem Tiegel; bei bedecktem viel später. Gmelin's Chem. I, 126.

Tiefe		Temperatur	Deren Wirkungen.		Bemerkungen.
in Fußen	in Meilen.	nach Celsius.	Schmelzen. §. 42.	Verdampfen.	
170.000	7,45	1700°	Stein-Lava	Kochsalz . . .	Heftigstes Feuer der Schmiede-Essen (Wedg.).
180.000	7,88	1800	. . . .	Kohlens. Kali, Strontium?	
190 000	8,32	1900	Eisen.		
200.000	8,74	2000			
300.000	13,14	3000	Thon-Erde, Kiesel-Erde.	. . . . .	Sauerstoff auf Kohle, oder auf Weingeist-Flamme geblasen.
400.000	17,48	4000	Kalk-Erde, Talk-Erde.	. . . . .	Marcet'sches Gebläse. Volta'sche Säule.
500.000	21,86	5000	Platin	Kalk-Erde . . Bitter-Erde . Süß-Erde . .	Clarke's ꝛc. Knallgas-Gebläse. Brennspiegel.
Mittelpunkt	859,4	196311			

b. Inzwischen ist schon mehrfach bemerkt worden, daß von der Tiefe an, wo die ganze Erdmasse flüssig ist, bis zum Mittelpunkte wegen der möglichen (wenn schon durch die ungleiche Eigenschwere der Materie, die übrigens durch die Affinität theilweise überwunden werden konnte, beschränkten) Zirkulation der Erdstoffe sich die Temperatur in einem hohen Grade ausgleichen und daher wenig mehr zunehmen würde. Ohne dieses Verhalten würde auch die durch die Hitze bewirkte Spannung der Flüssigkeiten vielleicht die Attraktion übersteigen, wie denn Leslie aus der Annahme einer gleichmäßigen Temperatur-Zunahme bis zum Mittelpunkte gefolgert hat, daß die Mitte der Erde nur noch aus einem unwägbaren Stoffe, aus konzentrirtem Licht, bestehen könne [1]). Von der Annahme ausgehend, daß der flüssige Zustand der Erde, wegen vermehrter Schmelzbarkeit der strengflüssigsten Stoffe bei Einwirkung von leichtflüssigen, nicht sehr tief zu suchen seye und im flüssigen Antheile eine weitere Wärme-Zunahme nicht stattfinde, folgern daher andere Physiker gerade das Gegentheil und vermuthen, im Innern der flüssigen Mitte schwebe wieder ein durch die Kompression gebildeter starrer Kern. Hopkins hat versucht, diese Fragen durch Berechnung des Einflusses verschiedener solcher Zustände auf die Präzession und Nutation der Erde zu lösen, aber ohne Erfolg. Er hat nur gefunden, daß die Dicke der starren Erd-Rinde mehr oder weniger betragen müsse, als etwas unter $\frac{1}{4}$ Erd-Radius, und daß daher das erwiesene Gleichbleiben der Nutation und Präzession nicht zum Beweise dienen könne, daß die Stellung der Erd-Achse sich durch die Erstarrung der Erde geändert haben müsse [2]).

§. 48. **Gas-Absorption.** Wenn schon, so lange die Erde noch flüssig war, ihre Bestandtheile sich nach ihrer abnehmenden Eigenschwere um einander lagerten, so haben doch des Druckes wegen nicht nur nicht alle etwa durch chemische Prozesse in ihr entbundene

[1]) Jahrb. *1830*, 332. — [2]) Jahrb. *1840*, 110, 111.

Gase in die Atmosphäre entweichen können; sondern sie mag in ihrem erhitzten Zustande sogar eine Anziehung gegen Gas-Arten in der Atmosphäre ausgeübt und sie aufgenommen haben. Wenn nun diese Gase bei fortschreitender Abkühlung und nachlassendem Drucke nicht chemisch gebunden worden und sich wieder zu größeren Mengen vereinigen konnten, so wurden sie entweder mechanisch zurückgehalten oder sie entwichen. Im letzten Falle veranlaßten sie ein Aufwallen der noch flüssigen, oder ein Aufbrechen der schon erstarrten Oberfläche, **Gas-Exhalationen**, vielleicht mitunter erst in sehr später Zeit; im ersten wurden sie die Veranlassung zur Bildung von **Krystall-Höhlen** u. dgl. m.

a. Wir können nicht sagen, welcher Art die chemischen Prozesse gewesen, die in dem unermeßlichen Laboratorium der geschmolzenen Erdkugel bei der Höhe einer Temperatur und eines Druckes stattgefunden, von welcher wir keine Vorstellung haben (s. §. 60). Wenn aber Gas-Arten dabei wieder frei wurden, so fanden sie ein Hinderniß ihres schnellen Entweichens in dem Drucke der auf ihnen liegenden flüssigen Erdmasse und ihrer Atmosphäre, wenn gleich die große Expansion durch die Hitze demselben förderlich war.

b. Aber auch glühend-flüssige Metall-Stoffe besitzen — wenigstens zum Theile — die Eigenschaft, die sie umgebenden Gase zu absorbiren, wenn gleich die Expansion diesem mehr als im kalten Zustande entgegenzuwirken scheint. So beobachtete Fournet, daß das flüssig gehaltene Silber in einer Sauerstoff-reichen Atmosphäre etwa sein 22faches Volumen Sauerstoff absorbire, welcher dann, nachdem die Oberfläche durch Abkühlung schon erstarrt ist, wieder entweicht, und zwar, wenn man mit größeren Massen (50 Pfd. +) operirt, unter Hebung, Erschütterung und Bersten der Kruste, unter Entstehung von Ergüssen und Strömen des innen noch flüssigen Silbers aus Spalten und Krateren, unter Gas-Entwickelungen u. s. w. [1]). Auch Bischof sah aus der erstarrenden Oberfläche geschmolzenen Basaltes eine Viertelstunde lang ein Gas, erst Blasen werfend, dann wie aus einem Erhebungs-Krater und nachher aus dessen Seiten hervordringen, welches ihm öl-erzeugendes Gas zu seyn schien, über dessen Ursprung er sich aber keine Rechenschaft zu geben wußte [2]). — In einem Falle wie dem ersten, wo das Gas von außen kommt, wird dessen Absorption durch den Druck einer mächtigeren Atmosphäre begünstigt werden. Es bleibt dann auch entweder in der Kälte gebunden, oder, wenn seine Affinität damit verschwindet, so wird es alsdann frei (vgl. dazu §. 90).

c. Im großen Prozesse der Natur würde man daher nur Gase von geringer Affinität, mithin am wenigsten Sauerstoff, so zu finden erwarten dürfen. Sie würden, während des Erstarrens der Rinde entweichend, nur

---

[1]) Jahrb. *1835*, 502. — [2]) Wärmelehre, S. 444.

Veranlassung zu deren unregelmäßigern Gestaltung, später zu heftigeren Explosionen, Ausbrüchen, Ausflüssen, Exhalationen u. s. w. da geben, wo die Rinde zufällig dünner geblieben oder wo Spalten u. dgl. deren Stärke schwächen und den Ausbrüchen den Weg zeigen.

d. Wurden solche Gas-Massen aber von der erstarrenden Erd-Rinde selbst eingeschlossen, so blieben sie nicht nur in der Erd-Rinde festgehalten, sondern sie gaben dann auch Veranlassung zur Bildung ursprünglicher Höhlen, dergleichen man größere und kleinere im Granite u. s. w. findet. Mit der Abkühlung des Gesteins kühlte sich auch das Gas ab, erfüllte mithin nur noch einen kleinen Theil der Höhle und veranlaßte die in der Nähe befindlichen Luft-artigen wie tropfbaren Flüssigkeiten in diesen luftverdünnten Raum nachzudringen und einzusickern und in ihnen etwa aufgelöst enthaltene Mineralstoffe in langsamer, unbeschränkter und deßhalb sehr vollendeter Krystallisation abzusetzen (**Krystall-Höhlen**).

e. Diese ist zweifelsohne auch die Entstehungs-Weise der **Blasen-Räume** und **Krystall-Drusen** älterer Felsarten wie jüngerer und vulkanischen Gesteine (Berzelius), nur daß in letzten die Luft erst auf dem Wege des Ausflusses selbst aufgenommen worden seyn dürfte (vgl. §. 46, e).

§. 49. **Zerrissene Bildung.** Waren auch während des Erstarrungs-Prozesses der Erd-Oberfläche die Erdstoffe im Allgemeinen nach Maasgabe ihrer Schwere übereinandergelagert, und war auch die Zirkulation zwischen den oberen kälteren und den tieferen wärmeren Schichten zur Ausgleichung ihrer Wärme eben so unmerklich, wie die in einem unsrer Teiche, so war die erstarrende Masse dennoch durch manchfache Ursachen aufgeregt, ihre Bestandtheile wurden fortwährend durch einander gemengt, und sie gewann eine im Kleinen unebene und in allen Richtungen zerrissene Oberfläche, **ohne Schichtung** darunter. Jene Risse und Spalten, theils durch Stoß, theils durch Zusammenziehung entstanden und im letzten Falle gewöhnlich erst später geöffnet (**massige** u. a. **Absonderungen** des Gesteins), erfüllten sich theils sogleich (manche sogen. **gangartige Ausscheidungen**), theils später (**Gänge**) auf mechanischem oder chemischem Wege wieder mit Gestein, theils blieben sie leer und gaben, den Zusammenhalt der Erd-Rinde schwächend, Gelegenheit zu späteren großartigen Verschiebungen und Bewegungen, Ausflüssen und Ausdünstungen (§. 48), so wie zu dem Eindringen der Tagewasser nach unten. — Diese Erscheinungen wiederholten sich in einem kleinern Maasstabe, wenn später durch irgend eine Ursache wieder flüssige Masse über die starre Rinde emporstieg.

a. Die aufregenden Ursachen waren damals

die Anziehung durch Sonne, Mond und Sterne während jeder Rotation: Ebbe und Fluth (§. 18, 26);

die Bewegungen der Atmosphäre, gewaltsamer als jetzt wegen ihrer größern Schwere an sich, aber minder wirksam als jetzt wegen ihrer geringern Schwere gegen die unsrer jetzigen Meere (§. 60):

Die Gas-Entwickelungen (§. 48), u. s. w.

b. Wir wissen zwar nicht, ob alle erstarrten und noch glühenden Erd-Bestandtheile leichter oder schwerer sind, als dieselben in flüssigem Zustande (erstarrte Lava-Theile schwimmen auf dem Lava-Strom, Schlacke auf dem Gusse); ob sie daher aus der flüssigen Erdmasse herauftauchten, oder tiefer in sie untersanken. Jedenfalls aber begann die Erstarrung wie die Abkühlung, das Zähflüssigwerden u. s. w. von außen her; von außen wölbte sich allmählich eine sowohl durch jene Aufregungen, als in Folge möglicher Zusammenziehung bei der Abkühlung oft zerreißende Kruste um die Erde; noch flüssige und schon starre Theile wurden durch ihre ungleiche Schwere durch einander getrieben; tiefere Materien kamen mit den höhern in Berührung, in chemische Wechselwirkung; verschiedenartige und ungleich schwere Elemente konnten an der Bildung dieser Kruste Antheil nehmen. Klüfte, in Folge der Abkühlung entstanden, pflegen auf der Fläche, von welcher die Abkühlung ausgeht, senkrecht zu seyn und sich, theilweise parallel, mit den andern unter gewissen Winkeln zu kreuzen (**prismatische, kuboidische** u. a. **Absonderungen** der Gesteine). — Je mehr die starre Masse der Kruste sich anhäufte, desto fester wurde allmählich die Wölbung, desto seltener zerbrach sie, desto mächtigere Ursachen waren dazu nothwendig, desto größer und tiefer waren die entstehenden Risse und Klüfte, welche oft nur die früheren verlängerten. Hoch emporgetriebene Berge würden durch ihre eigene Last die anfangs dünne Decke wieder niedergedrückt haben. Wie in den Eisfeldern eines Eismeeres etwa lagen nun die mächtigen erstarrten Blöcke übereinander und wurden durch Klüfte und Spalten getrennt, die sich oft von unten oder von der Seite her wieder ausfüllten (**Mangel an Schichtung**).

c. Wenn nun die erstarrende Masse zwischen zwei aneinander gelegene noch glühende Blöcke eindrang, so war sie selbst in Zusammensetzung und Temperatur diesen ähnlich, schmelzte deren Oberfläche auf's Neue und ihre Anfügung blieb nur wenig bemerkbar. Je später die Ausfüllung gebliebener Zwischenräume erfolgte, desto ungleicher konnten Mischung und Temperatur seyn, desto ungleicher die Krystallisation ausfallen, und desto deutlicher und schärfer die Abgrenzung bleiben; außer der durch mechanische **Injektion** von unten bewirkten **Ausfüllung** war auch eine auf **chemischem** Wege möglich. In einem Theile solcher Spalten nämlich, welche wenigstens von unten und den Seiten gegen die im Großen eindringende Masse gesichert waren, konnten, oft nach schon begonnener Verwitterung, spätere Einseihungen, **Infiltrationen**, von gleichartiger oder abweichender Gesteinsmasse erfolgen, die Wandungen schichtenweise überziehen, im letzten Falle noch weiter

zersetzen (? **Saalbänder**), und in den geschlossenen Räumen besser auskrystallisiren, ohne dabei alle Lücken auszufüllen (**Erz-Gänge, Krystall-Gänge, Gang-Drusen** z. Th.; vgl. §. 48, d, e). Waren die Klüfte unten oder zur Seite offen, so waren ähnliche Erscheinungen auch durch **Sublimation** möglich (§. 37, D). Die weitere Entwickelung folgt §. 108.

d. Mitscherlich deutet jedoch noch einen andern Weg möglicher Gang-Bildung in erstarrenden Massen an. Wenn nämlich Wasser, flüssiger Schwefel u. s. w. in einem Gefäße erstarren, so legen sich solche nicht regelmäßig an die kalten Gefäßwände in konzentrischen Schichten von außen nach innen, sondern wenn sich ein Krystall an die Wand abgesetzt hat, so verlängert er sich in der Richtung seiner Achse durch die ganze Masse, so daß er die entgegengesetzte Wand schon erreicht, während die ganze übrige Masse noch flüssig ist. Erkaltet diese aber endlich um den Krystall herum, so zeigt sie sich viel weniger krystallinisch als dieser. So könnten sich also Gänge grobkörnigen Granits im feinkörnigen gebildet haben [1]).

e. Von der Möglichkeit successiver Metall-Niederschläge aus der Atmosphäre s. §. 60 — 62.

§. 50. **Chemische Bewegungen in der Masse.** Mit dem Erstarrungs-Prozeß trat, außer dieser allgemeinen Änderung des Aggregat-Zustandes, in der aus so manchfaltigen Stoffen zusammengesetzten Masse selbst eine dreifache Bewegung der Masse-Theilchen gegen einander ein: a) zuerst eine Vereinigung heterogener Elemente zu neuen Mischungen, da, wenigstens für einen großen Theil der ersten, jetzt neue Affinitäten entstunden; b) eine Vereinigung der Moleküle gleicher Mischung zu größeren Partie'n (**Molekülar-Anziehung**) während der Erstarrung selbst als Grundlage der Entstehung von sphäroidischen Konkretionen, Krystallen, ungleichartigen Felsarten und verschiedenartigen Gängen?, Lagern und vielleicht selbst Gebirgs-Arten, c) eine Aneinanderfügung dieser Moleküle zu derbem, krystallinischem oder krystallisirtem Gestein. Alle drei Bewegnngen arbeiten von den Wirkungen der Schwere unabhängig und oft ihr entgegen.

a. Es ist bekannt, daß mit wechselnder Temperatur auf allen Stufen manche Affinitäten wachsen, wie andere fallen, daher neue Verbindungen entstehen. Wir würden aber in unsern Laboratorien wenig Mittel finden, diejenigen Affinitäten zu entziffern, welche in so hoher Temperatur, unter so hohem Druck, in einer aus so vielerlei Elementarstoffen zusammengesetzten Flüssigkeit herrschten. Wir können höchstens Manches aus der Beschaffenheit der Gesteine errathen, welche in dieser Zeit oder wenigstens unter ähnlichen späteren Verhältnissen entstanden sind.

---

[1]) Abhandl. d. Berlin. Akad. *1822* u. *1823*, S. 40.

b. Die zweite Bewegung erfolgt durch eine Anziehungskraft, welche, wie die Affinität, auf einer Wahl der sich gegenseitig anziehenden Theile (Wahlverwandtschaft) beruht, aber in so fern von ihr abweicht, als diese Wahl nur auf Moleküle des nämlichen Elementar-Stoffes oder des nämlichen Gemisches, statt auf heterogene Körper, gerichtet ist; — und welche wie die Attraktion ihren Produkten sphärische Gestalt zu verleihen strebt. So entstehen die mikroskopischen Kügelchen oder Bläschen, welche nach Link's Beobachtungen zuerst aus einer krystallirenden Flüssigkeit heraus gerinnen, um dann als Moleküle prismatischer Krystalle zusammen zu treten [1]); so entstehen durch den Zusammentritt vieler solcher Kügelchen wieder größere Massen, welche entweder ebenfalls wieder eine sphäroidische Gestalt behalten (manche **Krystall-Drusen** im Haupt-Gestein, sublimirte Tröpfchen), nierenförmige und andre ähnliche unregelmäßige äußere Gestalten, oder, wo die Krystallisation begünstigt ist, prismoidische Formen annehmen. Auf der Sonderung heterogener Gesteins-Masse durch jene Molekülar-Anziehungen in Mineralien verschiedener Art beruht die Entstehung ungleichartiger Gebirgs-Arten. Geht die Molekülar-Anziehung noch weiter in's Große, so kann sie die Aussonderungen in **„Stockwerke", lagerartige Stöcke, Lager** (sehr oft in Form komprimirter Sphäroide) und selbst die Trennung der Flüssigkeiten veranlassen, woraus zweierlei Gebirgs-Arten erstarren. Endlich sieht Fournet selbst manche **Gänge-Ausfüllungen** als Ganzes für eine verwandte Bildung an. — Übrigens beginnt diese Bewegung erst mit einem gewissen Momente des Erstarrungs-Prozesses selbst, welcher freilich bei dem Freiwerden so vieler latenter Wärme und dem fast unveränderten Nachströmen neuer Erdwärme durch die Rinde überall nicht Augenblicke, sondern Jahrhunderte gewährt haben mag. Begönne sie früher, so würde ihre Bewegung eine vollständige Sonderung der verschiedenen Mineral-Mischungen und eine Übereinanderlegung nach ihrer spezifischen Schwere seyn, statt daß im Granit z. B. die drei Bestandtheile Glimmer, Quarz und Feldspath mit je 3,00, 2,69 und 2,58 Eigenschwere in allen Richtungen durch einander liegen. — Indessen beobachtete man einige besser erläuternde Erscheinungen an einigen plutonischen Gesteinen späterer Zeit. L. v. Buch sah auf den Canarischen Inseln [2]) in erstarrten Strömen von Obsidian-Lava die Feldspath-Krystalle zu Boden gesunken und in den tieferen Theilen der Ströme deßhalb so angehäuft, daß das Ganze an gewisse Urgesteine erinnerte; er sah diese Krystalle, offenbar in der Zeit ihres noch weichen Zustandes in oft äußerst dünne parallel nebeneinanderliegende Blätter getheilt, welche durch die Ungleichheit der Geschwindigkeit der verschiedenen Theile des fließenden Stromes in ungleichen Graden vorangerückt und verschoben worden. — v. Leonhard stellt eine Reihe verwandter Beobachtungen von glasigen Feldspath-Krystallen der Trachyte zusammen [3]). In dem verlassenen Steinbruche am Drachenfels im Siebengebirge unmittelbar unter der Ruine hatte er zerbrochenen und durch trachytischen

---

[1]) Jahrb. *1840*, 234. — [2]) Beschreibung der Canar. Inseln, 229.
[3]) Basalte, II, 465 Anmerk.

Teig wieder verkittete Feldspath-Krystalle im Trachyt gefunden. Auch Scrope sah auf den Ponza-Inseln zerbrochene und in den einzelnen Fragmenten, während die Lava noch nicht erstarrt war, fortgeführte Feldspath-Krystalle; ein sehr schmaler Streifen halbgeschmolzener kleiner Trümmer bezeichnete den Weg, den sie genommen. Nach Ramond findet man die Feldspath-Krystalle durch die prismatischen Absonderungen des Trachyts nie in zwei Stücke getrennt. — Auch die größre Zähflüssigkeit vor dem wirklichen Starrwerden mag der schnelleren Sonderung bei vielen Gesteinen im Wege stehen.

c. In Folge der dritten Bewegung gruppiren sich die erstarrenden Moleküle einer und derselben Mineral-Flüssigkeit nach gewissen sich schneidenden Flächen an einander zu **Krystallen**, wenn eine hinreichend langsame Abkühlung ihnen zu dieser Bewegung genug Zeit läßt, und wenn zugleich die äußere Ausbildung der Krystalle dem Raume nach nicht bewegt ist, wenn das in Gesteins-Höhlen (**Krystall-Drusen**) und Spalten geschieht, wenn die Flüssigkeit hinreichend verdünnt ist, oder doch ein Theil der darin aufgelösten Mineralien in Folge geringerer Auflöslichkeit schon seine Erstarrung vollenden kann, so lange die übrigen noch flüssig oder weich oder aus unverbundenen starren Molekülen zusammengesetzt sind (**Porphyrartige Struktur**). Ist diese Bedingniß nicht gegeben, so kann das Mineral sich höchstens im Innern ausbilden, **krystallinische** Massen und Gebirgsarten (**krystallinisch-körnige Struktur**) liefern. (Eine unvollkommen krystallinische Struktur ist bei manchen Mineralien die **faserige**). Können auch, in Folge schnellerer Abkühlung, die krystallinischen Blätter und Körner sich für das Auge nicht mehr deutlich entwickeln, so entsteht die **steinartige Struktur** (**Struktur der Stein-Lava**), und wenn eine solche Anordnung gar nicht mehr eintreten kann, die **glasartige Struktur** einer homogenen Masse im Inneren und ein **schlackiges** Ansehen von außen, mit deren Hülfe man also die Schnelligkeit der Abkühlung bemessen kann. Die ältesten Gesteine müssen am meisten krystallinisch seyn.

§. 51. **Erstarrungs-Folge der Mineralien.** Über die Natur der zuerst erstarrten Mineral-Arten und die Reihen-Ordnung, worin sie sich bildeten, können wir von theoretischer Seite nur einige Vermuthungen aufstellen, welche sich auf die Erfahrungen in unsern Laboratorien unter wenig analogen Verhältnissen gründen. Doch scheinen der geringern Schwere und zum Theile der größern Strengflüssigkeit wegen **alkalische** und **erdige Mineralien** im Ganzen die ältesten und äußersten, **Metalle** aber hauptsächlich dem Innern aufbewahrt seyn zu müssen.

a. Die spezifisch leichtesten Mineral-Verbindungen waren die äußersten, daher der Abkühlung und Erstarrung am frühesten ausgesezt. Inzwischen dürften die mechanischen Aufregungen der äußern Erdschichten (§. 49) und die mehr chemischen Bewegungen im Innern derselben (§. 50) hinreichend gewesen seyn, um fast jede Gradation innerhalb des uns zugänglichen geringen

Theiles der Erd-Rinde zu verwischen. Wir können daher nur folgern, da Alkalien und Erden nicht nur selbst leichter (= 0,86 bis 5 Eigenschwere) sind, sondern auch unter sich leichtere Verbindungen darstellen, als die eigentlichen Metalle (= 6 bis 22 Eigenschwere), so müssen erste sich mehr in der Rinde, letzte sich mehr im Kerne der Erde finden, was dann nur die Resultate astronomischer und physikalischer Berechnungen wieder bestätigen würde (§. 12). Übrigens grenzen die Gewichte von beiderlei Klassen nicht nur nahe an einander, sondern sie treten häufig auch gegenseitig in Mineral-Mischungen zusammen, und beide finden sich daher schon an der Oberfläche der Erde durcheinander.

b. Die strengflüssigsten Mineral-Stoffe müssen früher, als die leichtflüssigsten erstarrt seyn. Auch gegen diesen Satz läßt sich ungefähr dasselbe, wie gegen den vorigen, einwenden. Die gegenseitige Einwirkung chemischer Affinitäten und manchfaltiger Flußmittel sind hiebei ganz unberechenbar. Übrigens finden sich bekanntlich die strengflüssigsten Stoffe unter den Alkalien und Erden; die Metalle sind mit einigen Ausnahmen leichter schmelzbar (§. 47, g), und so würde dieser Satz zum nämlichen Resultate führen, wie der vorige [1]). — Da mithin auch die leichtflüssigeren Stoffe im Allgemeinen die schwereren sind, so muß daraus eine Bewegung und eine weitere Schwierigkeit für die Berechnung des Abkühlungs-Ganges der Erde folgen, außer den schon oben angedeuteten (§. 44).

c. Spätre Ergießungen und Sublimationen aus dem Innern der Erde können ebenfalls überall zum Verwischen der Folgen aus a und b beigetragen haben.

d. Nach Boussingault konnten unauflösliche Phosphorsalze, wie Apatit und dergleichen, nicht in hoher Temperatur entstehen, ohne daß sich die Phosphorsäure in Pyrophosphorsäure und ihre Salze in Pyrophosphorsalze verwandelt hätten. Diese Verwandlung erfolgt nämlich schon in der Rothglühhitze, vorausgesetzt, daß die Säure dabei Syrups-Konsistenz gewinnen könne. Einmal gebildete Phosphorsalze unauflöslicher Art gehen aber sogar durch Schmelzung nicht mehr in Pyrophosphate über, wie denn in den Poren der Lava von Gates sich ebenfalls ein Apatit-Überzug zeigt [2]). Im alten Granit, Gneiß und dergleichen müßten sich daher jene Salze schon aus noch älteren bei niederer Temperatur entstandenen Gesteinen eingefunden, oder sich erst später nachgebildet haben? — Ob Boussingault's Bemerkung auch unter starkem Drucke zulässig seye? Vergl. §. 52 d.

e. Sehr wasserreiche Verbindungen sind aus den ältesten Mineralien zwar nicht unbedingt ausgeschlossen (§. 60), doch wird man sie mehr in spätrer (vulkanischer) Zeit und aus anderen Medien entstehend erwarten dürfen.

f. Hätten leicht im Wasser auflösliche Stoffe sich in jener Zeit bilden können, so würden sie im Laufe der Zeit durch Meeres- oder durch Sicker-

---

[1]) H. Davy hatte im Widerspruche mit beiden Sätzen die noch in unoxydirtem Zustand befindlichen und daher sehr leichten Alkalien nach dem Innern der Erde verlegt, um seine Theorie der Vulkane darauf zu gründen, (§. 41 Anmerk.) — Freilich bedarf er auch hiezu wieder nur der Rinde.

[2]) Jahrb. *1834*, 562.

Wasser und Wasserdünste wieder zerstört worden seyn. Wo sie daher in den ältesten Gesteinen vorkommen, wird man eine gänz neue Entstehung derselben vermuthen dürfen.

g. Da ursprünglich fast alle Elemente unserer bekannten Mineralstoffe in plutonischen Erzeugnissen gebunden seyn mußten und das auf 100° C. abgekühlte Meer deren nur noch wenige enthalten konnte, so dürfen wir erwarten, viel mehr auf feurigem als auf nassem Wege entstandene Mineralien zu finden.

§. 52. **Älteste Gesteine.** Vergleichen wir damit die Resultate geognostischer Forschung, so finden wir als älteste, unterste, vor den ersten neptunischen Gesteinen entstandene (aber auch später noch oft aus der Erde emporgedrungene), durchaus krystallinische Felsarten der Erdrinde (welche wir schlechthin **Urgebirge** oder Urgebirge im engern Sinne nennen wollen), nur **Granit, Gneiß, Granulit, Syenit,** und **Diorit** (auch **Topas-Fels**), und darin als wesentliche und mithin allgemein verbreitete Gemengtheile **Quarz, Feldspathe, Glimmer, Hornblende,** deren chemische Hauptbestandtheile **Kieselerde, Thonerde,** Kali, Natron, Lithion, Talkerde, Kalkerde (etwas Eisen- und Mangan-Oxyd (auch Flußsäure) in wasserfreien und fast nur stärkeren Alkali-Thonerde-Silikaten vereinigt.

a. Mit Sicherheit das Alter eines plutonischen Gesteines zu bestimmen, haben wir wenige Mittel. Nur dann würde man behaupten können, ein Gestein seye vor dem Anfang der neptunischen Zeit gebildet worden, wenn man dasselbe 1) unter dem ältesten bekannten neptunischen Gestein, 2) das letzte darüber in ungestörter horizontaler Lagerung und 3) ohne alle Spuren stattgefundener heißer Einwirkung des ersten auf das letzte fände, oder 4) wenn das neptunische Gestein unzweifelhafte Stücke des andern in sich einschlösse. Hätte man aber einmal eine feuererzeugte Felsart so gefunden, so würde man damit noch nicht beweisen können, daß dieselbe überall, wo sie vorkommt, vom nämlichen Alter seye. Granit und Gneiß glaubte man nun unter solchen Verhältnissen öfters gefunden zu haben. Mit dem Granit und Gneiß sind wenigstens Syenit, Diorit, Granulit oft so innig verbunden, daß man sie dem Alter nach nicht trennen kann. Sie selbst haben bis jetzt keinem Geognosten den Anschein dargeboten, als seyen sie sonstige durch jüngere Kräfte erst in Granit u. s. w. umgewandelte Felsarten, wie das mit einigen andern, die sie oft begleiten [1]), der Fall ist. Nur Studer und Escher haben in neuester Zeit eine Entstehung durch spätre Umbildung im Großen behauptet (§. 107). Auch sind alle diese Gesteine ausnahmsweise (in Folge spätere Ergießungen) wirklich über zum Theil jungen neptunischen Gesteinen gelagert gefunden worden. Nimmt man hinzu, daß die

[1]) Lyells metamorphischen Gesteinen.

jetzt dafür geltende älteste neptunische Formation, das Kambrische System, erst seit wenigen Jahren entdeckt ist und auf einen kleinen Theil von England beschränkt zu seyn scheint, so liegt allerdings Stoff zu Zweifeln über eine ganz unbedingte Behauptung vor.

b. Die genannten Felsarten entstehen aus den wenigen angeführten Mineralien in krystallinischem Zustande fast nur durch veränderte Mengung.

Granit — aus (Kali- od. Natron-) Feldspath (§. 56 E), Quarz, Glimmer,
Gneiß — „ „ „ „ Feldspath („ „ „), Quarz, Glimmer, mit Schiefer-Gefüge
Granulit — aus (Kali- od. Natron-) Feldspath („ „ „) oder Feldstein,
Syenit aus (dergl. od. Natronkalk) Feldspath („ „ „) Hornblende,
Diorit „ „ „ „ Feldspath („ „ „), Hornblende, feiner und inniger verbunden.

Da aber diese Gemengtheile im Menge-Verhältniß zu einander wechseln oder sich in einer andern Felsart als nur **stellvertretende Gemengtheile** (im Granit: Talk, Chlorit, Lepidolith und Eisenglimmer statt Glimmer, Speckstein statt Feldspath, Turmalin statt Quarz, u. a.) oder als **zufällige Gemengtheile** einfinden (Hornblende im Granit), oder in ihrer Felsart selten werden können (Quarz und Glimmer im Granit), so gehen nicht nur diese Felsarten vielfach in einander über, sondern es entstehen auch neue Modifikationen derselben (**Protogyne** aus Granit durch hinzutretenden Talk und dergleichen). Ja es zeigen sich Annäherungen zu ganz anderen und zum Theil viel späteren Gesteinen, wenn andere Zufälligkeiten sich noch beigesellen. Durch Verschwinden des Feldspathes geht der Gneiß in Glimmerschiefer und, wenn auch der Quarz verschwindet und der Glimmer allmählich durch Talk ersetzt wird, dieser in Talkschiefer über (vergl. die Zusammenstellung manchfaltiger Übergänge bei v. Leonhard)[1]. Bleibt der Feldspath derb mit nur wenigem Quarz, so entstehen **Feldsteinporphyr**-artige Massen im Granit; bilden sich dagegen im Granit große Feldspath-Krystalle aus, so erscheint ein **Porphyr-artiger Granit**, ein sehr langsames Erkalten andeutend. Nach Hausmann besitzt der grobkörnige Granit oft eine feinkörnige in **Hornfels** übergehende Schale, indem diese schneller erkalten (§. 50, c.) mußte[2]) und nur feinkörnigen Quarz und Feldspath fast ohne Glimmer enthält. — Den Übergang eines jüngern etwas eigenthümlichen Granits in Rothen Porphyr sah L. v. Buch am Luganer See[3]), und in Nubien und Kordofan zeigen nach Russegger Granit und Porphyr durch zahllose geognostische und oryktognostische Übergänge die innigste Formations- und Gesteins-Verwandtschaft[4]). Mehr darüber in §. 101 ff.

c. Als Beispiel der Elementar-Zusammensetzung des Granits wählen wir den mit gewöhnlichem Feldspathe aus und erhalten dann etwa folgendes Verhältniß seiner Elemente (abgesehen von etwas Flußsäure):

---

[1]) Charakt. der Felsarten.
[2]) Jahrb. *1837*, 588. — [3]) Jahrb. *1834*, 423.
[4]) Jahrb. *1837*, 658; *1838*, 37.

	Quarz.	Feldspath.	Glimmer.	nach Proportion der Gemengtheile etwa. 0,20 Quarz.	0,70 Feldsp.	0,10 Glimm.	Zusamm.
Kieselerde	100	66,5	48	0,200	0,465	0,050	0,730
Thonerde		17,5	37		0,120	0,035	0,150
Kali		16,5	9		0,115	0,010	0,125
Eisen- u. Mangan-Oxyd.			6			0,005	0,005
	100	100	100	0,20	0,70	0,10	1,00

Dieß ist inzwischen ein mittles Verhältniß, indem der Feldspath an Menge von etwa 0,60 bis 0,90 und nach Verschiedenheit der Feldspath-Arten (Albit u. a.) der Thonerde-Gehalt von 0,13 bis 0,22 variirt oder der Kali-Gehalt durch Natron ersetzt werden kann, u. s. w. In anderen Feldspath-artigen Mineralien, welche Bestandtheile des Syenits und Diorits ausmachen (Periklin, Labrador rc.), weicht das Menge-Verhältniß der hier angegebenen Kiesel- und Thon-Bestandtheile etwas ab, und die genannten Alkalien können durch Kalk, auch ?Lithion und Talkerde ersetzt, und Eisen und Mangan können verdrängt werden. Selbst im Syenite und Diorite, welche keinen Quarz enthalten, würde die Kieselerde vorherrschen; denn im Syenit würde das Verhalten seyn.

	nach der Analyse. Labrador.	Hornblende.	wenn Labrador und Hornblende = 1 : 1 sind Labrador.	Hornblende.	Zusammen.
Kieselerde	54,6	48	27,3	24	51,3
Thonerde	29,0	13	14,5	6,5	21,0
Kalkerde	11,8	10	5,9	5	10,9
Talkerde		14		7	7,0
Natron	4,6		2,3		2,3
Eisenoxydul		15		7,5	7,5
	100	100	50,0	50,0	100,0

Die Bestandtheile ändern aber, wenn Hornblende mehr vorherrschend wird, oder statt des Labradors gemeiner Feldspath oder Periklin eintritt, welcher die Elemente des letzten in gleichem Verhältniß, doch mit 0,10 Natron statt Kali besitzt.

d. Die Frage, ob nicht auch kohlensaurer und schwefelsaurer Kalk und kohlensaure Kalk-Talkerde (Dolomit) zu den Urgesteinen gehören, ist manchfaltig diskutirt worden. Nachdem man früher alle körnigen Kalke und Gypse als Urkalke und Urgypse angesehen, scheint jetzt für keinen derselben mehr ein sichrer geologischer Beweis übrig zu bleiben. Von theoretischer Seite hat man ihr Vorkommen für unmöglich gehalten, weil in hoher Hitze die Säuren dieser Mineral-Arten verflüchtigt würden, namentlich die Kohlensäure, wie man beim Kalkbrennen sieht; ihre Verflüchtigung sollte noch mehr begünstigt werden durch reichliche Anwesenheit der Kieselsäure (Kieselerde), welche in ihre Stelle eintreten könnte. Allein aus Basil Halls Versuchen (§. 104, E) geht hervor, daß unter einem starken Drucke, wie er zur Zeit jener Hitze überall existirte und in geringer Tiefe flüssiger Gesteinsmasse

immer existirt, da Kohlensäure sich nicht von der Kalkerde trennt. So hat ferner Bucholz [1]), indem er Kreide in einem Tiegel feststampfte und dann schnell heftig erhitzte, gezeigt, daß auch ohne Druck die Kalkerde ihre Kohlensäure nicht verliere, sobald sie ins Schmelzen komme, sondern nur während des Übergangs dazu im heißen ungeschmolzenen Zustande. — Wollte man nun auch behaupten, daß wenigstens die Kieselsäure die Kohlensäure in hoher Temperatur von dem Kalke abscheiden müsse, so fehlt es uns theils an Erfahrungen über die überwiegende Affinität beider Säuren in eine die Weißglühhitze übersteigenden Temperatur (wo die Affinität eine ganz andere, als in niederer Temperatur seyn kann), theils würde in einer durch beginnende Abkühlung schon zähflüssig gewordenen Gesteins-Masse nicht nur diese Masse selbst der zuerst entweichenden Kohlensäure einen Druck entgegensetzen, sondern auch die so zurückgehaltene schon freie Kohlensäure die noch gebundene festhalten und daher höchstens eine ganz oberflächliche Entmischung möglich werden. Das bestätigen Petzholdts Versuche [2]), welcher gleiche Theile gepulverten Cararischen Marmors und weißen Quarzes in einer hermetisch geschlossenen eisernen Büchse $1\frac{1}{2}$ Stunden lang der starken Weißglühhitze eines großen Schmiedefeuers aussetzte und dabei nur so viel kieselsaure Kalkerde erhielt, als der wenigen Kohlensäure entsprechen mochte, die sich im Anfange des Prozesses zu entbinden und in den Zwischenräumen noch Raum zu finden vermochte, aber nachher selbst die Entbindung weiterer Kohlensäure durch ihren Gegendruck hindern mußte; — während bei einem korrespondirenden Versuche in unverschlossenem Gefässe in kürzerer Zeit sich siebenmal mehr kieselsaurer Kalk bildete. Ferner fand Petzholdt, daß, wenn man Kohlensäure aus einem Gasometer über Ätzkalk in der Weißglühhitze wegstreichen läßt, er sich ganz in kohlensauren Kalk verwandelt [3]), nicht aber in gewöhnlicher Temperatur; — daß, wenn in der Weißglühhitze salzsaures Gas und Kohlensäure zugleich über Ätzkalk wegstreichen, sich kohlensaurer Kalk und Chlorcalcium zugleich bilden, und wenn man in derselben Hitze Kohlensäure über Chlorcalcium treibt, sich ein Theil des letzten in kohlensauren Kalk verwandelt [4]), obschon in der Kälte die Kohlensäure des Chlorcalcium nicht zersetzt. — Diese Verhältnisse scheinen indessen wahrscheinlich zu machen, daß man kohlensauren Kalk und Dolomit bei den Urgesteinen mit erwarten dürfte. Da beide eine geringere Eigenschwere (2,4 — 2,7 und 2,6 — 2,9) als die meisten Bestandtheile der anderen Urgebirgsarten besitzen (a), so müßte man sie hauptsächlich nächst der Oberfläche der ursprünglichen Erdrinde erwarten. Finden sie sich hier aber nicht, wie es scheint, so müßte ihre damalige Erstarrung durch viele

[1]) Gehlers Journal für Chemie, I, 271.
[2]) Dessen Erdkunde, Leipzig, 1840, S. 129. ff.
[3]) Der entgegengesetzte Erfolg beim Kalkbrennen erklärt sich dadurch, daß hier die entbundene Kohlensäure nicht in Berührung mit dem Kalk bleibt, sondern sich von ihm entfernt, ohne durch ein Nachströmen ersetzt zu werden.
[4]) Ebenfalls, weil hier das allmählich entbundene Chlor nie in Berührung mit dem Calcium kam, während die Kohlensäure beständig wieder zugeleitet wurde; — der Versuch ist daher nicht ganz beweisend.

überschüssige Kohlensäure oder andere Ursachen der Art gehindert, oder das wirklich erstarrte Gestein durch spätere Kräfte (kohlensaure Quellen und dergleichen) wieder aufgelöst worden seyn.

§. 53. **Eingeschlossene Mineralien.** In den genannten Felsarten kommen aber noch eine große Menge anderer Mineralien als zufällige, unbeständige und örtliche Einschlüsse vor, α. entweder eingewachsen und dann in der Regel als gleichzeitige älteste Bildungen anzusehen, oder in Drusenräumen und Höhlungen, wo Entstehung in Folge späterer Einwirkungen eher vermuthet werden könnte, worüber dann die Lokalität entscheiden muß. Oder β. sie finden sich auf **Lagern** und gewissen sogenannten **Stockwerken,** welche in der Regel für gleich alt mit dem Gebirge gehalten werden. Endlich γ. finden sie sich auf **Gängen,** deren Ausfüllung mit Ausschluß der oben erwähnten Gang-förmigen Ausscheidungen (§. 50) jedenfalls später, als die Bildung des Gebirges, wohl hauptsächlich durch Sublimation oder auch Infiltration, wenn auch nicht immer nothwendig in Folge eines neuen Ereignisses, stattgefunden hat. Zu diesen letzten gehören aber auch sicher manche sogenannte **Lager,** zumal es in diesen plutonischen Gesteinen wegen Mangels an bestimmter Schichtung nicht leicht wohl charakterisirte Lager geben kann, wie in den Schicht-Gebirgen. Auf die Lagerstätten letzter Art (γ.) sind die Metalle und ihre Verbindungen fast ausschließlich beschränkt. Oft sind sie hier einer wiederholten Metamorphose ausgesetzt gewesen.

a. Das Vorkommen der einzelnen Mineralien nach den Gebirgsarten und ihr Verhalten zu denselben ist am vollständigsten aufgezeichnet in „v. Leonhards Handbuch der Oryktognosie"[1]) obschon manche später gemachte Entdeckungen noch darin fehlen und in „Blums Lehrbuch der Oryktognosie[2]) schon zahlreich nachgetragen sind. Inzwischen war es nach dem Plane des Werkes doch nicht möglich, das Verhalten in jeder einzelnen Lokalität ausführlich zu beschreiben, auch gebrach es oft an Quellen dazu; und so finden wir insbesondere nicht immer hinreichende Gewißheit, ob ein Mineral in jeder Felsart eingewachsen, oder auf Lagern, oder auf Gängen, oder auf verschiedene Weisen zugleich vorkomme; noch weniger ist das Vorkommen in wirklichen Urgebirgen von dem in Lyells sogenannten metamorphischen Gesteinen geschieden worden, da man zu jener Zeit auch diese noch zu den „Urgebirgen" rechnete. Inzwischen habe ich nach dieser Quelle und Blums Lehrbuch folgende Tabelle des Vorkommens aller dort verzeichneten Mineralien

---

[1]) Heidelb. 1826, 8. — [2]) Stuttgart 1832, 8.



entworfen, um versuchsweise eine schnelle Übersicht des geschichtlichen Verhaltens derselben hiedurch zu geben, so gut solche jetzt möglich ist.

b. Über die Einrichtung dieser Tabelle zuerst noch einige Worte. 1) Um die Übersicht ganz vollständig zu machen und spätere Wiederholungen zu vermeiden, sind alle, selbst die neptunisch gebildeten Mineralien darin aufgenommen worden. 2) Ich habe die Anordnung im v. Leonhard'schen Handbuche beibehalten; nur hat es für unsern Zweck angemessener geschienen, solche umzukehren und von den einfachern und wasserfreien, zu den zusammengesetzteren und gewässerten Mineral-Gemischen voranzuschreiten. 3) In einer besondern ersten Spalte ist eines folgenden §. wegen auch die Krystall-Form bemerkt, wobei die Zahlen, wie in Blum's Lehrbuche, folgende Bedeutung haben:

I. Tesseral-System: 1. Würfel (17); 2. regelmäßiges Oktaeder (18); 3. Rautendodekaeder (6); 4. Tetraeder (4); 5. Pentagon-Dodekaeder (2).

II. Tetragonal-System: 6. gerade Quadrat-Säule (10); 7. Quadrat-Oktaeder (14).

III. Rhombisches System: 8. gerade Rektangulär-Säule (12); 9. rhombisches Oktaeder (5); 10. Rektangulär-Oktaeder (2); 11. Rektangulär-Ditetraeder (4); 12. gerade rhombische Säule (50).

IV. Klinorhombisches System: 13. schiefe Rektangulär-Säule (5); 14. schiefe rhombische Säule (38); 15. gerade Rhomboid-Säule (1).

V. Klinorhomboid-System: 16. schiefe Rhomboid-Säule (9).

VI. Hexagonal-System: 17. Rhomboeder (26); 18. regelmäßige sechsseitige Säule (16); 19. Bipyramidal-Dodekaeder (3).

4) Die eingeschlossenen oder voranstehenden Zahlen geben an, wie oft jede Krystall-Form vorkomme.

5) In den Rubriken des Vorkommens der Tabelle bedeutet

1 Granit, Syenit, Topasfels rc.; 2 Gneiß; 3 Glimmer und Talk-Schiefer mit ihren Einlagerungen: X sogenannte Urgebirge ohne nähere Angabe; 4 Feldstein-Porphyr; 5 Serpentin; 6 Basalt, Laven und gleichzeitige Bildungen; 7 neptunische Bildungen von Thonschiefer und Grauwacke an; 8 neue oder fortdauernde dergl. Bildungen und 9 neue fortdauernde Umbildungen auf Gängen durch Zersetzung, Wirkung des Galvanismus rc. In den drei ersten Gesteinen wird sodann das Vorkommen durch Einwachsung, auf Lagern und auf Gängen durch die drei kleinern angehängten Zahlen ^{1}, ^{2}, ^{3} angedeutet (z. B. 2^1, ^{2}). Da die Entstehungs-Ursache der metamorphischen Gesteine (3) oft auch auf die zunächst darauf ruhenden neptunischen Gesteine eingewirkt und dort die spätere plutonische Absetzung von Metallen in neptunischen Gebirgsarten (Thonschiefer, Grauwacke rc.) auf Gängen und Lagern rc. veranlaßt hat, so ist das Vorkommen, wo eine solche Bildung vermuthet werden konnte, zwar in den neptunischen Gesteinen angezeigt, aber mit einem auf die plutonischen verweisenden Zeichen: 7). So auch umgekehrt bei neptunischen Umbildungen auf plutonischen Gesteinen und Gängen: (2 (3^3, u. dgl.



	Krystall-Form.	Feuer-Gebilde.						Wasser-Gebilde.		Umbildgn.
A. Gediegene Metalle und deren Verbindungen.										
1. Eisen	2									
2. Kupfer	1	1^{123}	2	3	.	5	6	7^{3})		
3. Gold	1	1	2	3	.	5	.	7^{3})		
4. Platin	1	.	.	3						
5. Osmium Iridium .	18	.	.	3						
6. Palladium	7	.	.	3						
7. Silber	1	1^{13}	2^{3}	3^{3}	4^{3}	.	.	7^{3})		
8. Amalgam	3	.	.	3	4	.	.	7^{3})		
9. Quecksilber	.	.	.	3	4	.	.	7^{3})		
10. Blei	.	.	.	.	.	.	6	7^{3})		
11. Zinn	(1)	?								
12. Wismuth	2	1^{3}	2^{3}	3^{3}						
13. Tellur	17	.	.	.	.	.	.	7^{3})		
14. Schrift-Tellur . . .	12	.	.	.	4					
15. Blätter-Tellur . . .	6	.	.	.	.	.	.	7^{3})		
16. Weiß-Tellur . . .	12	.	.	.	4^{3}					
17. Antimon-Silber . .	12	1^{3}	2^{3}	.	.	.	.	7^{3})		
18. Antimon	17	1^{3}	.	.	.	.	.	7^{3})		
19. Speiß-Kobalt . . .	1	1^{3}	2^{3}	3^{23}	.	.	.	7^{3})		
20. Arsenik-Eisen . . .	12	X	.	.	.	5	6			
21. Arsenik-Nickel . . .	12	1^{3}	2^{3}	3^{3}	.	.	.	7^{3})		
22. Arsenik	17	.	2^{3}	3^{3}	4^{3}	.	.	7^{3})		
B. Kohlenstoff und Verbindungen.										
23. Diamant	2	.	.	3	.	.	6?	7)		
24. Graphit	18	1^{13}	2^{13}	3	4	.	.	7)		
25. Anthrazit	12	.	2	3	4	.	.	7^{2}		
C. Schwefel und Verbindungen.										
26. Schwefel	9	.	(2^{2})	.	.	.	6	7	8	9)
27. Molybdän-Glanz . .	18	1^{1}	2^{23}	3^{3}	.	.	.	7^{3})		
28. Leberkies	18	1^{1}	2^{12}	3^{12}						
29. Arsenikkies	12	1^{13}	2^{23}	3^{123}	.	5				
30. Strahlkies	12	.	.	.	.	.	.	7^{13}	8	9)
31. Eisenkies	5	1^{123}	2^{123}	3^{123}	4	.	6	7^{23})		
32. Mangan-Glanz . .	1	.	.	.	4^{3}					
33. Kobaltglanz . . .	5	.	.	3^{2}						
34. Kobaltkies	2	.	2^{2}	.	.	.	.	7^{2})		
35. Nickelglanz	1	.	X							
36. Schwefelnickel . . .	.	.	2^{2}	.	.	.	.	7^{2})		
37. Fahlerz	4	1^{3}	2^{3}	3^{3}	.	.	.	7^{3})		
38. Kupferkies	7	1^{123}	2^{23}	3^{23}	.	.	.	7^{23})		
39. Buntkupfererz . . .	2	.	2^{3}	3^{3}	.	.	.	7^{3})		
40. Kupferglanz . . .	12	1^{13}	.	3^{3}	.	.	.	7)		
41. Schwarzgültigerz . .	12	.	2^{3}	3^{3}	4^{3}	.	.	7^{3})		
42. Polybasit	18	.	X							
43. Silberglanz	1	.	2^{3}	3^{3}	4^{3}	.	.	7 ?)		
44. Miargyrit	14	.	X							

	Krystall-Form.	Feuer-Gebilde.						Wasser-Gebilde.		Umbildgn.
45. Zinnober	17	.	2^3	.	4					
46. Bleiglanz	1	1^{13}	2^3	3^3	4	.		7	8	9
47. Zinnkies	1	1^3								
48. Blende	3	1^{12}	2^{123}	3	.	.	.	7	8	
49. Wismuthglanz . . .	2	1^{23}								
50. Nickel-Antimonglanz .	11	.	X							
51. Prismat. Kupferglanz	12	.	X							
52. Bournonit	8	.	.	.	.	.	.	7^3,		
53. Rothgültigerz . . .	17	1^1	2^3	3^3	4^3	.	.	7^3)		
54. Antimon-Blende . .	14	.	X^3							
55. Jamesonit	12	.	X?							
56. Antimonglanz . . .	9	1^1	2^2	.	.	.	.	7^3)		
57. Zinkenit	18	.	X							
58. Tennantit	2	1^3	.	.	.	.	.	7^3)		
59. Realgar	14	.	2^{13}	.	.	.	6	7^3,		
60. Auripigment . . .	12	.	X^3	.	.	.	6	7^3)		
D. Selen-Verbindungen.										
61. Selen-Silber . . .	1	.	X							
62. Selen-Kupfer . . .	.	.	?							
63. Eukairit	.	.	.	.	.	5?				
64. Selen-Blei	.	.	X	.	.	.	.	7^3)		
65. Tellur-Wismuth . .	17	.	2^2	.	4?					
E. Chlor-Verbindungen.										
66. Quecksilberhornerz .	6	.	.	(3	.	.	.	(7	.	9
67. Silberhornerz . . .	1	.	(2^3	3^3	4	.	6	.	.	9
69. Steinsalz	1	.	2?	.	.	.	6	7	8	
70. Salmiak	2	.		.	.	.	6	7		
F. Fluor-Verbindungen.										
71. Neutr. Flußs. Cerer .	18	1								
72. Fluellit	9	.	X							
73. Fluß-Kalk	2	1^3	2^{23}	3^3	.	.	6			
74. Kryolith	8	.	2^2							
G. Trockne Metalloxyde und Verbindungen.										
75. Rothkupfererz . . .	2	1^3	2^3	3^3	.	.	.	7^3)		
76. Uranpecherz	.	1^3								
77. Kupferschwärze . .	.	.	(X	.	.	.	.	.	.	9
78. Zink-Oxyd	18	.	.	.	.	.	.	7^2)		
79. Bleierz von Mendip .	12	.	?							
80. Wismuthocker . . .	.	.	(X	.	.	.	.	(7	.	9
81. Mennig	.	.	.	.	.	.	.	(7^{13}	.	9
82. Eisen-Chrom-Oxydul .	2	.	.	.	.	5				
83. Chromocker	.	.	.	.	.	.	?			
84. Magneteisen . . .	2	1^{123}	2^{123}	3^{123}	.	.	6			
85. Franklinit	2	.	X							
86. Eisenoxyd	17	1	2^2	3	.	.	6			
87. Hausmannit . . .	7	.	.	.	4^3					
88. Braunit	7	.	.	.	4					

	Krystall-Form.	Feuer-Gebilde.						Wasser-Gebilde.		Umbildgn.
89. Pyrolusit	12	.	X^3	.	4^3					
90. Gahnit	2	.	.	3						
91. Spinell	2	1	2	.	.	.	.	7?)		
92. Chrysoberyll . . .	8	1								
93. Korund	18	1	2^2	3	.	.	6			
H. Trockne Metallsäuren und Verbindungen.										
* Silikate.										
94. Chondrodit . . .	14	.	.	3	.	.	6			
95. Chrysolith	8	.	.	.	.	.	6			
96. Licvrit	11	.	.	3						
97. Gadolinit	14	1	2							
98. Wollastonit . . .	14	.	2	3	.	.	6			
99. Pyrodmalit . . .	18	1								
100. Kiesel-Mangan . .	.	.	2^2							
101. Kiesel-Wismuth . .	4	.	X							
102. Bronzit: gemengt?	16	.	.	.	.	5				
103. Schillerspath, desgl.?	16	.	.	.	.	5				
104. Hypersthen . . .	12	1								
105. Anthophyllit . . .	12	.	.	3^2						
106. Achmit	14	1								
107. Pyrallolith . . .	16	.	2							
108. Augit	14	1^{23}	.	.	.	5	6			
109. Asbest . . . . , .	.	.	2^3	3^3	.	5	6			
110. Hornblende . . .	14	1	2^{12}	3	4	5	6	(7)		
111. Granat	3	1	2^{12}	3	.	.	6			
112. Hessonit	12	.	2^{13}							
113. Idokras	6	.	2^3	3	.	5	6			
114. Allanit	.	1								
115. Epidot	15	1^{13}	2^{23}	3	.	.	6?			
116. Wernerit	6	1	2^2							
117. Prehnit . . , . .	12	1	2^{123}	3^3	.	.	6			
118. Nephelin	18	1	2	.	.	.	6			
119. Cordierit	12	1	2	3	.	.	6			
120. Latrobit	16	.	X							
121. Pinit	18	1^{12}	.	.	4					
122. Helvin	4	.	2^2							
123. Sodalith	3	.	.	3	.	.	6			
124. Lasurstein	3	.	X							
125. Hauyn	3	.	.	.	.	.	6			
126. Turnerit	14	.	X							
127. Axinit	16	.	2	3	.	.	.	7^{23})		
128. Turmalin	17	1	2^{12}	3						
129. Chlorit	18	1^2	2^2	3						
130. Talk	12	1	2^{123}	3^3						
131. Talk-Glimmer, 1achsig.	17	1								
132. Zweiachsig. Glimmer	14	1	2^{12}	3	4	.	6			
133. Leuzit	1	.	.	.	.	.	6			
134. Triphan	16	1	2^2							
185. Anorthit	16	.	.	3?	.	.	6			

	Krystall-Form.	Feuer-Gebilde.						Wasser-Gebilde.		Umbildgn.
(Feldspathe.)										
136. Labradore	16	1	.	.	.	.	6			
137. Feldspath	16	1^{123}	2^{123}	3^{23}	4	.	6	(7	8)	
138. Saussurit	12	.	.	.	.	.	6			
139. Periklin	16	1^{13}								
140. Albit	16	1^{13}								
141. Petalit	16	.	2?							
142. Obsidian	.	.	.	.	.	.	6			
143. Bimsstein	.	.	.	.	.	.	6			
144. Staurolith	12	1	2	3						
145. Sillimanit	14	.	2^{3}							
146. Disthen	16	.	2	3						
147. Andalusit	12	1	2	3						
148. Chiastolith	12	.	.	.	.	.	.	7)		
149. Topas	12	1	2^{3}	3^{3}						
150. Euklas	14	.	.	3						
151. Smaragd	18	1	2	3						
152. Eudialit	17	.	2^{2}							
153. Zirkon	7	1^{123}	2	.	.	.	6			
154. Quarz	17	1^{123}	2^{123}	3^{123}	4	.	6			
** Titan-Säure (u. Oxyd).										
155. Titanit	14	1	2	3	.	.	6			
156. Crichtonit	17	1								
157. Titaneisen von Gastein	17	.	.	3						
158. Gem. Titaneisen .	2	.	.	.	.	.	6			
159. Iserin	2	1								
160. Menakan	6	.	?							
161. Nigrin	7	.	X	.	.	.	.	7)		
162. Aeschinit	14	1								
163. Rutil	6	1	2^{123}	3^{3}	.	.	6			
164. Anatas	7	1	2^{23}							
165. Polymignit . . .	8	1								
*** Zinnoxyd.										
166. Zinnerz	7	1^{3}	2^{13}	3						
**** Tantal-Säure.										
167. Yttrotantalit . . .	14	.	2^{2}							
168. Fergusonit . . .	7	.	X							
169. Tantalit	8	1								
† Scheel-Säure.										
170. Scheelit	7	1^{23}	2^{2}							
171. Scheelsaures Blei .	7	1								
172. Wolfram	14	1	2	.	.	.	.	7)		
†† Molybdän-Säure.										
173. Molybdäns. Blei .	7	.	.	3	.	.	.	7)		
††† Chrom-Säure.										
174. Vauquelinit . . .	13	.	.	.	.	.	.	7)		

	Krystall-Form.	Feuer-Gebilde.						Wasser-Gebilde.		Umbildgn.
175. Chromſ. Blei . . .	14	.	2^3	.	.	.	.	7)		
†††† Antimonoxyd.										
176. Antimonblüthe . .	11	1^3	.	.	.	.	.	.	.	?
177. Antimonocker . . .	.	.	X							
††††† Arſenikſäure.										
178. Arſenikblüthe . . .	2	(X^3	.	.	.	.	.	(7^3	.	9
179. Arſenikſ. Blei . .	19	.	X^3							
I. Trockne Mineral-Sauerſtoff-Säuren.										
* Kohlenſäure.										
180. Kohlenſ. Baryt . .	12	.	.	.	.	.	.	7		
181. „ Strontian.	12	1^3	2^3							
182. Baryto-Kalzit . .	14	.	.	.	?					
183. Arragonit	11	.	X^{23}	.	.	.	6	7^{23}	8	
184. Kohlenſ. Kalk . .	17	1^{23}	2^{23}	3	.	.	6	7^{123}	8	
185. Bitterkalk	17	.	2^3	.	.	5	6	7		
186. Magneſit	17	.	.	.	.	5	6			
187. Kohlenſ Mangan .	17	.	2^3							
188. Kohlenſ. Eiſen . .	17	1^2	2^{23}	3^3	.	.	6	7	8	9
189. Bleihornerz . . .	6	.	X	.	.	.	6			
190. Kohlenſ. Blei . .	11	1^3	2^3	3^3	.	.	.	7^{23}	.	9
191. Kohlenſchwefelſ. Blei	14									
** Boraxſäure.										
192. Borazit	4	.	.	.	.	.	.	7?		
193. Datolith	14	.	2^2	.	.	.	6	7)		
*** Phosphorſäure.										
194. Huraulith	14	1^3								
195. Phosphorſ. Mangan	8?	1^3								
196. Amblygonit . . .	12	1								
197. Phosphorſ. Kalk .	18	1	2^{12}	3	.	.	6	7	8	9
198. „ Talk .	12	.	.	.	.	.	.	7		
199. „ Yttererde	6	1								
200. „ Blei (Pyromorphit)	19	.	2^{23}	.	.	.	.	7^{23})		
**** Schwefelſäure.										
201. Schwefelſ. Kali . .	12	.	.	.	.	.	6			
202. Thenardit	12	.	.	.	.	.	.	.	.	9
203. Brongniartin . . .	12	.	.	.	.	.	.	.	8?	
204. Anhydrit	8	.	.	.	.	.	6	7		
205. Schwefelſ. Strontian	12	.	.	.	.	.	6	7		
206. „ Baryt .	12	1^3	2^{23}	3^2	4	.	6	7		
207. Rhomb. ſchwefelkohlſ. Blei	17	.	.	.	.	.	.	7^3)		
208. Blei-Vitriol . . .	10	.	2^3	.	.	.	.	(7	8	9

	Krystall-Form.	Feuer-Gebilde.						Wasser-Gebilde.		Umbildgn.
***** Salpetersäure.										
209 Kali-Salpeter . .	*12*	.	.	.	.	.	.	(7	8	9
210. Natron-Salpeter .	*17*	.	.	.	.	.	.	7	.	9
K. Gewässerte Metall-Oxyde.										
211. Talk-Hydrat . . .	*18*	.	.	.	.	.	6			
212. Basisch Flußs. Cerer	.	1								
213. Salzs. Kupfer . .	*12*	.	X	.	.	.	6			
214. Wad (Mangan) .	.	.	(X	.	.	.	.	.	.	9
215. Manganhyperoxydul	*12*	.	.	.	4^{3}	.	.	7^{3}		
216. Erd-Kobalt . . .	.	.	(2^{3}	.	.	.	.	.	.	9
217. Eisenoxyd-Hydrat .	*1*	1^{3}	.	.	.	.	.	7	8	9
218. Blei-Gummi . . .	.	.	?							
219. Diaspor	*12*	.	.	.	.	.	.	?		
L. Gewässerte Metall-Säuren.										
* Kieselsäure.										
220. Cererit	.	.	2^{2}							
221. Ophit	.	1	2^{2}	.	.	5	6			
222. Speckstein	.	1^{23}	.	3	.	.	6	.	.	9?
223. Meerschaum . . .	.	1^{2}	.	.	.	.	6	.	.	9?
224. Pikrosmin . . .	*8*	.	.	.	.	5				
225. Kupfer-Smaragd .	*17*	.	.	?	.					
226. Kiesel-Kupfer . .	.	1^{3}	2^{3}	.	.	.	.	7^{3})		
227. Galmei	*12*	.	.	.	.	.	.	7^{13}		
228. Apophyllit	*6*	.	2^{2}	.	.	.	6	7)		
229. Melilith	*8*	.	.	.	.	.	6			
230. Gehlenit	*8*	.	.	.	.	.	6			
231. Sideroschisolith . .	*17*	.	X							
232. Cronstedtit . . .	*18*	.	X			—				
233 Orthit	.	.	2							
234. Karpholith . . .	.	.	2							
(Zeolith-artige.)										
235. Thomsonit . . .	*6*	.	.	.	.	.	6			
236. Mesotyp	*12*	.	.	.	.	.	6			
237. Analzim	*1*	.	(2)	.	.	.	6			
238. Gmelinit	*19*	.	.	.	.	.	6			
239. Laumontit . . .	*14*	.	.	.	4	.	6	7)		
240. Thomsonit . . .	*6*	.	.	.	.	.	6			
241. Chabasin	*17*	1?	.	.	.	.	6			
242. Harmotom . . .	*8*	.	2^{3}	3^{3}	.	.	6	7)		
243. Brewsterit . . .	*17*	.	.	.	.	.	.	7?		
244. Epistilbit	*12*	.	.	.	.	.	6			
245. Stilbit	*8*	1^{3}	2^{23}	3^{3}	.	.	6	7)		
246. Heulandit	*13*	.	.	.	.	.	6			
247. Fahlunit	*12*	.	.	3						

	Krystall-Form.	Feuer-Gebilde.						Wasser-Gebilde.		Umbildgn.
248. Bergseife	.	.	.	.	.	.	.	(7	8	
249. Bol	.	.	.	.	.	6	.			
250. Grünerde	.	.	.	.	.	6	.			
251. Bildstein	.	.	.	3^{2}						
252. Steinmark	.	1^{3}	2^{3}	.	4^{2}	.	6^{13}	7		
253. Kaolin	.	$(1^{23}$	.	.	.	.	.	7	8	
254 Allophan	.	1^{23}								
255. Perlstein	.	.	.	.	.	.	6			
256. Pechstein	.	.	.	.	.	.	6			
257. Opal	.	.	.	3^{3}	4	5	6			
** Arsenikſäure.										
258. Euchroit	12	.	.	3						
259. Linsenerz	12	1^{3}								
260. Kupfer-Glimmer .	17	X^{3}								
261. Olivenit	12	1^{3}	.	.	.	.	.	7)		
262. Skorodit	9	.	X^{2}							
263. Würfelerz	1	1^{3}								
264. Arsenik-Nickel-Hydrat	.	$(1^{3}$	.	.	.	.	.	.	.	9
265. Arsenik-Kobalt-Hydrat	13	.	.	$(3^{3}$	.	.	.	7^{3}	.	9
266. Pharmakolith . .	14	$(1^{3}$	2^{3}	3^{3}	.	.	.	$(7^{3}$	.	9
267. Kupferschaum . .	12	.	X^{23}							
M. Gewässerte Mineral-Säuren und Verbindungen.										
* Kohlensäure.										
268. Zinkspath	17	.	?							
269. Malachit	14	1^{13}	2	.	.	.	.	7^{3}	.	9
270. Kupferlasur	14	1^{13}	2^{13}	3^{123}	.	.	.	7	.	9
271. Kohlens. Natron. .	14	.	.	.	.	.	6	.	.	9
** Boraxsäure.										
272. Boraxs. Natron. .	14	.	.	.	.	.	.	.	?	
273. Boraxsäure	.	.	.	.	.	.	6			
*** Phosphorsäure.										
274. Prism. phosphs. Kupfer	14	.	.	.	.	.	.	7	.	?
275. Oktaedr. „ „	10	.	.	3?						
276. Uranglimmer . . .	7	1^{13}								
277. Phosphors. Eisen .	13	.	.	.	.	.	.	.	.	9
278. Lazulith	9	1?	.	3^{2}	.	.	.	7)		
279. Wavellit	12	1^{13}	.	3	.	.	6	7)		
**** Schwefelsäure.										
280. Alaunstein	17	.	.	.	.	.	6			
281. Polyhalit	12	.	.	.	.	.	.	7		
282. Aluminit	.	.	.	.	.	.	.	7^{2}	.	9
283. Eisensinter	.	.	.	.	.	.	.	7^{23}	.	9
284. Maskagnin	12	.	.	.	.	.	6	.	.	9
285. Glaubersalz	14	.	.	.	.	.	.	7	.	9
286. Gyps	13	.	.	.	4^{2}	.	6	7	8	9

	Krystall-Form.	Feuer-Gebilde.						Wasser-Gebilde.		Umbildgn.
287. Bittersalz	12	.	.	.	.	.	.	7	8	9
288. Uran-Vitriol . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
289. Kobalt- „ . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9
290. Eisen- „ . .	14	.	.	.	.	.	.	.	.	9
291. Roth-Eisen-Vitriol .	14	.	.	.	.	.	.	.	.	9
292. Kupferblei- „ .	14	.	?	.	.	.	.	.	.	?
293. Kupfer-Vitriol . .	16	.	.	.	.	.	.	.	.	9
294. Brochantit . . .	12	.	X^3							
295. Zink-Vitriol . . .	12	.	.	.	.	.	.	.	.	9
296. Alaun	2	.	.	.	.	.	6	7	8	9

§. 54. Die **Mineral-Arten** überhaupt und die des **Urgebirges** (im engsten Sinne) insbesondere bieten daher nach vorangehender Tabelle [1]) etwa folgende Erfahrungs-Resultate hinsichtlich ihres Vorkommens:

A. Zahlen-Verhältnisse.

a. Bei weitem die größte Zahl der Mineralien überhaupt ist auf feurigem oder trockenem, nur wenige (0,06) sind auf wässerigem oder nassem und auf feurigem Wege zugleich, einige auf nassem allein (0,01) entstanden; andre (0,12) sind durch galvanische und ähnliche noch thätige Prozesse auf ihrer ursprünglichen Lagerstätte selbst umgebildet worden in dem Maase, wie die Veränderung der ursprünglichen Verhältnisse (Temperatur, Feuchtigkeit, Luft-Zutritt, Kontakt u. s. w.) solches bedingte (**Metamorphosen**), zum Theile sogar ohne die anfängliche fremde Krystallform äußerlich zu wechseln (**Pseudomorphosen**).

b. Unter den feuererzeugten Mineralien allein findet sich die Mehrzahl der Arten im Urgebirge mit Einschluß der metamorphischen Gesteine und der Gänge in benachbarten Gebirgsschichten; etwa ein Viertheil von ersten findet sich auch in jüngeren Porphyr-, Serpentin-, Basalt- und Lava-Gesteinen wieder (0,27). Eine geringere Zahl kommt in Porphyren und vulkanischen Gesteinen

[1]) Diese Tabelle ist unvollständig; es wären manche neu entdeckte Mineralien, Fundorte u. s. w. darin nachzutragen und viele zu berichtigen und die in obigen Resultaten stehenden Zahlen würden sich dann ändern. Inzwischen sind solche Zahlen überhaupt einem schnellen und unausgesetzten Wechsel unterworfen, und es ist nur das **ungefähre Verhältniß** derselben gegen einander, was wir hier suchen, da es die Sätze verständlicher macht, auf die es ankömmt.

allein vor (0,17), davon in den Porphyren weniger, als in den Laven und dergl. (0,06 : 0,11), welche sich daher wie im Alter, so auch in ihren eigenthümlichen Mineralien mehr von den ältesten Gesteinen entfernen.

c. Die Mineralien jener Urgebirge (b) wagen wir wegen zu großer Unvollständigkeit der Angaben und wegen des ungleichen Alters dieser Gebirgsarten selbst nicht genauer zu trennen; doch ersieht man leicht, daß auch hier wieder die ältesten Feuer-Gesteine, die unter den metamorphischen liegenden, reicher daran sind, als diese letzten, indem sie viele eigenthümliche Arten enthalten, die andern aber nur wenige.

B. **Mischungs-Verhältnisse.**

d. Für alle pyrogenen Felsarten im Gegensatz der neptunischen bleiben jedoch Feldspath-, Glimmer-, Quarz- und Hornblende-ähnliche Verbindungen die wesentlichen und herrschenden Gemengtheile, die Grundlage der Gesteine, während in den auf neptunischem Wege niedergeschlagenen Kohlensaure Kalk- und Talk-Erde die Masse bilden, die im ältesten Granit vielleicht ganz fehlen. Die übrigen feuererzeugten Mineral-Arten sind in allen Gruppen unserer Tabelle; die durch nasse und galvanische Prozesse erzeugten (wenn schon erste mitunter im Wasser fast unauflöslich sind) sind fast nur trockene oder gewässerte Verbindungen von Mineralsäuren [1]).

e. Was die wesentlichen Gemengtheile betrifft, so wird reiner Kiesel (Quarz) schon im Porphyre selten und verschwindet fast ganz aus den späteren Erzeugnissen. Glimmer, ein Kali-Thon-Silikat (§. 52, b), verhält sich ähnlich, er weicht dem Talkglimmer. Nur Feldspath, ein Alkali- und -Thon-Doppel-Silikat (§. 52 b, §. 55, ε) in allmählich minder ausgebildeter Form erhält sich, mitunter durch verwandte Verbindungen ersetzt, bis in die jüngsten Laven reichlich (Nro. 136 — 141 meistens), wo sich aber zahlreiche gewässerte Silikat-Arten (Nro. 235 — 246 großentheils) bezeichnend einfinden. Hornblende wird immer häufiger durch Augit vertreten (vergl. §. 85). — Von den übrigen feuererzeugten Mineralien verschwinden von den älteren zu den jüngeren Feuergesteinen

[1]) Es ist schon aus der Tabelle zu ersehen, daß hier unter Metallen, Metalloxyden und Metallsäuren, im Gegensatz der Mineralsäuren und dergl., auch die leichten Metalle, die Erden mitbegriffen sind.

nicht nur aus den wesentlichen, sondern auch den zufälligen Gemengtheilen die hohen trockenen Silikate (zumal Thon-Silikate) mit den gediegenen, gekohlten und geschwefelten Metallen und deren Oxyden immer mehr, und Wasser-haltige Verbindungen von Metall- und Mineral-Säuren nehmen zu.

f. Was die Ur- und Metamorphischen Gesteine allein betrifft, so sieht man schon in ihnen den Quarz mit dem Alter abnehmen und den Glimmer durch nahe verwandten Chlorit und Talk vertreten werden und den Kalk hinzukommen. Hinsichtlich der außerwesentlichen Gemengtheile scheint ein allgemeinerer Unterschied nicht stattzufinden.

C. **Krystall-Verhältnisse.**

g. Sie scheinen kein Resultat zu geben (vergl. S. 99, 4).

§. 55. In unseren Laboratorien gelingt es, **manche Mineralien künstlich** und zwar a) die leicht schmelzbaren metallischen Verbindungen auf feurigem, wie b) die auflöslichen Salze auf nassem Wege derb oder auch in Krystallen darzustellen; c. andere werden durch elektro-galvanische Prozesse in schöner Krystallisation erhalten. Aber ebenso die zusammengesetzteren unauflöslichen Silikate nachzubilden, ist erst mit einigen in höheren Hitze-Graden und unter Mitwirkung außerordentlicher Verhältnisse und komplizirterer Affinitäten mitunter nicht genau bekannter Art, zuweilen zufällig, gelungen. Ein Hauptbedingniß war dabei jederzeit ein sehr langsames Erkalten in geschützten Räumen. Diese Fälle gewähren uns immerhin einige Einsicht in die Bedingnisse, unter welchen die Mineralien der Erd-Rinde entstanden sind.

a. Die Geschichte früherer Mineral-Bildungen auf feurigem Wege sammelte v. Leonhard[1]).

b. Mineral-Bildungen auf feurigem Wege entstehen: α. durch bloß langsames Erkalten in richtigem Verhältniß zusammengeschmolzener Materien, β. durch Sublimation aus Dämpfen derselben, γ. durch Berührung eines starren Bestandtheils mit einem dampfförmigen u. s. w. Auf diesem Wege sahen Hausmann, Koch[2]) und Mitscherlich[3]) viele künstliche krystallinische und krystallisirte Mineralien, den natürlichen ähnlich, in

[1]) Siehe in v. Leonhards Basalten, II. 484 — 506.

[2]) In seinen „Beiträgen zur Kenntniß krystallinischer Hüttenprodukte", Göttingen, 1822.

[3]) In den Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften 1822 — 1823, Physikalische Klasse, S. 25 — 41, „über die künstliche Darstellung der Mineralien aus ihren Bestandtheilen".

Hüttenwerken entstehen. Letzter stellte manche derselben durch Schmelzung willkürlich dar und sammelte im Ganzen über 40 solche krystallographisch verschiedene Substanzen, welche jedoch zum Theile in der Natur nicht bekannt sind. Ohne von allen die Entstehungsweise näher anzugeben, zählt er folgende in Form und Mischung mit natürlichen Mineralien übereinstimmende Kunst-Erzeugnisse auf: Eisenoxydul-Subsilikat; Eisenoxydul-Silikat (Nr. 95), Eisenoxydul- und Kalk-Silikat (Nr. 95), Kalk- und Talkerde-Silikat (Nr. 95), Eisenoxydul-Bisilikat, Eisenoxydul-Kalkerde-Bisilikat, Kalkerde-Bisilikat (Nr. 108), Talkerde-Bisilikat (Nr. 108); Kalkerde-Trisilikat; Kalk- und Talkerde-Trisilikat; Glimmer (Nr. 132); Kupferoxydul (Nr. 75?); Kupferoxyd (Nr. 77); Zinkoxyd (Nr. 78); oxydirtes Eisen (Nr. 86); Schwefeleisen (Nr. 31); Schwefelzink (Nr. 48); Schwefelblei (Nr. 46); Arsenik-Nickel (Nr. 21). — Nachdem die Aufmerksamkeit der Chemiker und Hüttenmänner auf diesen Gegenstand gelenkt war, entdeckte man überall ähnliche Erzeugnisse.

24. **Graphit** bildet sich in krystallinischen Massen bei der Erzeugung des grauen Roheisens zweifelsohne unmittelbar aus einem dampfförmigen Zustande des Kohlenstoffs (Karsten, Hausmann); in schönen großen Krystallen erscheint er dabei in Blasenräumen (und zwar nur in dem obern Theile, was auf seinen Dampf-Zustand hindeutet), in den Schlacken und in Höhlen der Gestellsteine mit tropfenförmigem Eisen u. dergl. [1].

46. **Bleiglanz** bildet sich oft aus Dämpfen in Spalten des Gemäuers der Silber- und Blei-Schmelzöfen.

48. **Blende** entsteht aus Dämpfen nicht selten im Gemäuer von Kupfer- u. a. Schmelzöfen in Krystallform [2].

69. **Chlor-Kalium** setzt sich zuweilen in Würfeln aus Dämpfen an im Gemäuer der Eisenhohöfen mit Zinkoxyd-Krystallen (Hausmann ib.).

78. **Zink-Oxyd** erscheint in ausgezeichneten Krystallen, sechsseitigen Säulen, in Spalten des Gemäuers im oberen Theile der Eisenhohöfen beim Verschmelzen zinkhaltiger Erze (Koch) [3], offenbar durch Eindringen in Dampfform in dieselben. Formlose Kügelchen oder Blätter, bedeckt mit fast durchsichtigen, honiggelben, rhomboidalen Krystallen erhielt Haldat beim Verfahren wie mit Eisenglanz (l. c.).

84. **Magneteisen** (Eisen-Oxydul). Eisen in der Weißglühhitze des Sauerstoffgases, der Flammenöfen und Schmiede-Essen verbrannt, bildet Magneteisen oft in schönen Krystallen. Ein Theil der gerösteten Rohsteine, durch Schmelzung von Eisenkies und Kupferkies mit Quarz, erlangt das Ansehen, das magnetische Verhalten und die krystallinischen Blätter-Durchgänge des natürlichen Magneteisens. Auch einzelne Krystalle bilden sich aus (Mitscherlich). Sehr schöne Oktaeder bis von 3''' Par. Kanten-Länge mit treppenförmig eingefallenen Flächen bildeten sich bei einer früher in Schweden gebräuchlich gewesenen Röstungs-Methode [4].

Magneteisen in Oktaedern, Rantendodekaedern u. s. w., auch in

---

[1]) Hausm. Jahrb. 1837, 583; Heine a. a. O. — [2]) Ebendas. 585.
[3]) Ebend. 585. — [4]) v. Leonhard Basalte II, 240, 501.

Glanz, Härte u. s. w. dem natürlichen ähnlich, entstund in Drusen-Räumen der geschmolzenen Masse im Schmelzofen zu *Châtillon sur Seine* bei einer Beschickung aus Eisen-Silikat, -Oxyd und -Oxydul [1].

86. **Eisenglanz** (Oxyd) bildet sich bei'm Verbrennen des Eisens in niedrer Temperatur, wie am Pyrophore, welches auf Reduktion des Eisen-Oxyds durch Wasserstoff beruht [2]. Auch erhielt es Haldat in schönen, glänzenden, jenen von Elba und Framont ähnlichen, an Größe mit der Dauer der Operation zunehmenden Krystallen, indem er Bündel plattgeschlagenen Eisendrahtes in eine Röhre steckte, glühte und Wasserdämpfe hindurchleitete. Die auf dem Draht sich ansetzenden Krystalle erlangten 2—3 Millimeter Durchmesser. Der Prozeß ist hier im Kleinen derselbe, wie bei vulkanischen Ausbrüchen [3]. Zufällig erhielt man solchen auch in sehr schönen, den natürlichen ganz ähnlichen Krystallen (entscheitelten Rhomboedern) im Töpferofen der Oranienburger Fabrik, in welchem das erhitzte Geschirr durch eingeworfenes Kochsalz glasirt wurde. Das Kochsalz verdampft dabei, zersetzt sich mit den gleichzeitig vorhandenen Wasserdämpfen in Chlorwasserstoff-Säure, welche entweicht, und in Natron, welches mit der Kieselerde des Geschirres zu einem Schmelz, Glasur, zusammentritt; wird jene Chlorwasserstoff-Säure über erhitztes Eisen-Oxyd, wie es im Töpferthon ebenfalls vorhanden ist, hingeleitet, so entsteht Chloreisen, welches sich sublimirt, und Wasser; — wird dieses Chloreisen mit mehr Wasser in Berührung gebracht, so entwickelt sich zuerst Chlorwasserstoff-Säure, und dann sublimirt sich Chloreisen, und Eisen-Oxyd bleibt schön krystallisirt zurück; dessen Bildung also von der Menge der jener Säure beigemengten Wasserdämpfe abhängt. Glüht man in einem Rohre ein Gemenge von Kochsalz, Eisen-Oxyd und Kiesel-Erde und läßt Wasserdämpfe darüber streichen, so bildet sich viel Chlorwasserstoff-Säure, kaum eine Spur von Chloreisen, und in der geschmolzenen Masse im Rohr bleibt das Eisen-Oxyd krystallinisch zurück, ohne sich zu sublimiren [4].

Eisen-Alaun. An der **Solfatara** sublimirt man aus einer Erde in Steingut-Zylindern bei 400° C. den Schwefel. Im Erde-Rückstand findet man dann nicht selten Gruppen regelmäßiger Oktaeder-Krystalle wie von Alaun, aber grün und luftbeständig. Sie bestehen aus einem Atom gewöhnlichen Alauns mit 1 Atom $\dot{K}\dddot{S} + 12\,\dot{F}\dddot{S} + \underline{\dot{H}}$, eine Verbindung, die in der Natur nicht bekannt zu seyn scheint [5].

95. **Olivin**: ist in seinem natürlichen Vorkommen auf atmosphärische und plutonische, insbesondere basaltische Gesteine beschränkt. Beim Eisen- und Kupferkies-Schmelzen ergeben sich Schlacken, welche aus Eisenoxydul-Subsilikat und Eisenoxydul-, Kalkerde- und Talkerde-Silikat bestehen [6],

---

[1]) Laurent und Holms im Jahrb. *1836*, 372.
[2]) v. Leonhard Bas. II, 240. — [3]) *Ann. chim. phys.* XLVI, 70.
[4]) Mitscherlich in Poggend. *Annal.* XV, 630 ff. > auch v. Leonhard Bas. II, 234, Anmerk.
[5]) Dufrenoy im Jahrb. *1839*, 439.
[6]) Walchner in Schweigg. Jahrb. für Chemie, IX, 77.

zeigen auch Krystalle in Formen, Winkel- und Spaltungs-Verhältnissen des Olivins, hauptsächlich als gerade rektangulare Säule entrandet und zweifach entseitet zur Schärfung über M, wie in den Basalt-Konglomeraten des Habichtswaldes. Sie sind meistens dunkel eisengrau und metallisch glänzend, erscheinen aber auch wenig gefärbt und reich an Kalk-Silikat, ohne eine Formen-Änderung zu erleiden (Mitscherlich). So entstehen durch Verschmelzen von Eisenglimmer, Eisenspath und Eisenkies in besondern Öfen in *Val di Brosso* in Piemont schöne Krystalle von 4''' Par. Länge. So vollkommen ausgebildete Krystalle auf Schlacken aus der Schwedischen Pudlings-Frisch-Arbeit [1]). So erhielt Berthier durch Zusammenschmelzen von kohlensaurem Mangan-Oxydul und Kiesel-Erde sehr deutliche Krystall-Formen. So entstunden auch sehr deutliche Krystalle von 0m,008 Länge (gerade rhombische Säulen mit Winkeln von etwa 70° und entstumpfeckt zur Schärfung über P) im Rauchfange des Hohofens von Seveux, Haute-Saone (also offenbar aus Dämpfen), welche Ebelmen zerlegt hat. [2]). — Eisen-Oxydul-Silikat in Form gleich und in Zusammensetzung analog dem **Chrysolith** (0,3116 Kiesel-Erde und 0,6884 Eisen-Oxydul, ein Silikat von 1 Atom Metall mit 2 Atom Sauerstoff), worin jedoch die Talk-Erde des Chrysoliths ebenfalls von Eisen-Oxydul vertreten ist, — erzeugt sich beim Ausschmelzen des Kupfers und Frischen des Eisens nicht selten in schönen bis über ¼'' großen Krystallen (Mitscherlich a. a. O.).

98. **Wollastonit.** Unter den Eisenhohofen-Schlacken erscheint ein krystallinisches Kalk-Bisilikat, welches mithin in der Mischung dem Wollastonite entspricht [3]).

100. (**Kiesel-Mangan**?) Manganoxydul-Silikat hat Berthier erhalten durch Zusammenschmelzen von Kohlen-saurem Manganoxydul mit Kieselerde in einem Tiegel [4]).

108. **Augit.** J. Hall fand schon, daß schottische Basalte sich in ein Gestein umschmelzen lassen, welches in krystallinischer Grundmasse schwarze Krystalle, wahrscheinlich von Augit, einschließt. Mitscherlich beobachtete, daß man zu Fahlun beim Gewinnen des Kupfers aus Erzen, welche Eisenkies, Kupferkies und Quarz enthalten, oder welchen der letzte absichtlich zugesetzt wird, eine Schlacke erzeuge, welche ein Bisilikat von Eisen-Oxydul und Talk-Erde oder von Talk- und Kalk-Erde ist und beim Erkalten krystallinisches Gefüge mit Blätter-Durchgängen annimmt, die einer rhombischen Säule von etwa 88° entsprechen, ganz wie die Augite der Basalte und Laven. Bei schneller Abkühlung werden diese Schlacken glasig; umgeschmolzen und langsam abgekühlt können sie wieder krystallinisch werden. Die Schlacken von Sahla sind den Basalten täuschend ähnlich und in ihren Drusen-Räumen mit Augit-Krystallen besetzt [5]). Ähnliche Erfahrungen berichtet Hausmann [6]). Berthier und Mitscherlich setzten

[1]) v. Leonhard's Basalte, II, 495 — 504.
[2]) Jahrb. *1839*, 329. — [3]) Hausmann, im Jahrb. *1837*, 588.
[4]) Berzelius, IV. Jahresbericht, 249 ff.
[5]) v. Leonhard's Basalt. II, 493. — [6]) Jahrb. *1837*, 588.

Kiesel-, Kalk- und Talk-Erde in dem Verhältnisse von $\dot{C}a^3 \ddot{S}i^2 + Mg^3 Si^3$ wohl gemengt in einem Kohlen-Tiegel dem Feuer des Porzellan-Ofens in Sèvres aus und erhielten eine Masse, welche, nach den Spaltflächen des Augits theilbar, in einer Höhle die zierlichsten Augit-Krystalle enthielt [1]).

111. **Granat** wurde von Mitscherlich in guten Krystallen aus seinen Bestandtheilen dargestellt.

113. **Idokras:** Einer in Idokras-Form krystallisirten Schlacke mancher Eisenöfen gedenkt Hausmann [2]), und Mitscherlich stellte ihn aus seinen Elementen künstlich in guten Krystallen dar. — Berthier zerlegte rechtwinkelig 4- und 8seitige Prismen, blaß olivengrün, durchscheinend, von lebhaftem Glanze aus Drusen einer Schlacken-Masse der Hohöfen Plymouth bei Wicks in Wales, welche fast ganz die Zusammensetzung des Idrokrases hatten [3]).

132. **Glimmer** sah Mitscherlich beim Kupfer-Prozeß zu Garpenberg in Dalarne [4]) entstanden, zu einer Zeit, wo man einen andern Zuschlag beim Schmelzen anwendete, als jetzt. Dort findet man nämlich noch eine homogene Schlacken-Masse von zusammengehäuftem Glimmer, dessen Blättchen 2—3'' Größe, ein sehr blättriges Gefüge, Glanz, Härte, Biegsamkeit und Durchsichtigkeit, wie der natürliche Glimmer besitzen. Da sie vor der Löthröhre leicht schmelzen, können sie nicht etwa in einem schon ausgebildetem Zustande durch den Ofen gegangen seyn. In Drusenräumen stellen sie sechsseitige durchsichtige Tafeln dar, welche in ihrer Zusammensetzung ganz mit dem von Klaproth zerlegten schwarzen Sibirischen Glimmer übereinkommen, nur daß sie etwas weniger Kali und etwas mehr Kalkerde enthalten [5]).

137. **Feldspath** bildete sich in kleinen aber deutlichen Krystallen in der Hitze eines Kupfer-Hochofens zu Sangerhausen, wo Kupferschiefer oder Kupfererze verschmolzen wurden, mit zinkischen Ofenbrüchen in deren Drusenräumen, in Ofenstein-Rissen, oder meist auf Graphit-Lagen 2—4' hoch über dem Schmelz-Punkte des Ofens an einer Innenwand, wo angewendete Holzkohle den Kali-Gehalt abgegeben zu haben, dieser aber auch theilweise durch Kalk ersetzt worden zu seyn scheint. Mitscherlich hatte die künstliche Darstellung der Feldspath-Krystalle für die schwierigste Aufgabe erklärt [6]). [Früher hatte Hausmann schon dergleichen beobachtet [7]).

154. **Quarz:** nur erdig, nicht krystallinisch, aus Dämpfen in Hohöfen u. s. w.

---

[1]) *Ann. chim. phys.* XXIV, 376. *Edinb. Journ. of Sc.* I, 375.
[2]) Jahrb. *1837*, 587. — [3]) Jahrb. *1839*, 191.
[4]) Berzelius, IV. Jahresbericht, IV, 249 ff.
[5]) Berlin. Abhandl. a. a. O. S. 36.
[6]) Kersten und Mitscherlich im Jahrb. *1835*, 31; Heine ib. 342; Breithaupt ib. *1836*, 47.
[7]) Norddeutsche Beiträge zur Berg- und Hütten-Kunde 1810, Stück 4, S. 86.

155. **Titan**=Würfel kommen öfters in Höhlungen von Schlacken=, Roheisen= und Frischeisen=Massen der Eisenhohöfen, zuweilen von Kiesel=Erde begleitet, theils im Gestellraume, theils sogar unter demselben vor unter Verhältnissen, wo ihre Bildung aus Dämpfen nicht wohl bezweifelt werden kann [1]).

e. Weitere Versuche und deren Resultate auf nassem Wege, die wir sogleich mit dem natürlichen Vorkommen und der Entstehungsweise der Mineralien in Verbindung gesetzt haben, vergl. §§. 84, 85, 103 u. a.

§. 55. **Zwischen Mischung und Grundform der Mineralien** (sie mögen nun plutonischen oder neptunischen Ursprungs seyn) scheinen sehr genaue Beziehungen stattzufinden, und die letzte fast nur allein durch erste bedingt werden zu können. Inzwischen gibt es einige Mineralien mit zweierlei Grundformen, auf deren Entstehung hauptsächlich noch die Temperatur von Einfluß seyn mag. Die Unterlage u. s. w. scheinen selten einzuwirken.

a. Von den 296 Mineralien sind 240 (0,8) ihren Krystall=Formen nach bekannt. Die relative Häufigkeit der einzelnen Formen ersieht man theils aus der Tabelle, theils und schneller aus den in §. 53 b jeder Krystall=Benennung in Klammern angefügten Zahlen.

b. Einfache Mineralien, selbst wenn sie miteinander verwandt sind, haben die manchfaltigsten Grundformen, und so auch ihre Verbindungen. Auch erscheint dieselbe Grundform in den verschiedenartigsten Verbindungen wieder (vgl. die erste Spalte der Tabelle §. 53). Doch finden, — außer im Tesseral=Systeme, wo es nicht möglich — gewöhnlich noch Winkel=Verschiedenheiten zwischen gleichnamigen Formen verschiedenartiger Mineralien Statt.

c. Indessen kennt man von den meisten einfachen Stoffen oder auch nur einfacheren chemischen Verbindungen die Grundform noch nicht. An jenen Verbindungen aber, welche eine vollkommen analoge Zusammensetzung besitzen, d. h. in welchen die Anzahl der Mischungs=Gewichte ihrer Elemente gleich ist, erscheinen gleiche Grundformen: wie Mitscherlich nachgewiesen [2]); — aber es gehört nur eine geringe Anzahl davon in's Gebiet der Mineralogie. Man kann folgende speziellere Regeln oder (zum Theil) Gesetze darüber aufstellen.

a. Die einfachste und gleichmäßigste Grundform, der Würfel (1), kommt fast auch nur den einfachen Elementar=Stoffen oder ihren einfachsten Verbindungen ohne Oxydation zu, nämlich den gediegenen Metallen und ihren Verbindungen unter sich oder mit Schwefel, Selen und Chlor (unter den 17 Fällen sind nur drei Ausnahmen; die gediegenen Metalle besitzen außer dem Würfel am gewöhnlichsten noch die Rauten=Säule [12] und das

---

[1]) Hausmann, Jahrb. *1837*, 582.

[2]) Abhandl. d. Berl. Akad. d. Wissensch. 1818 — 1819, physikal. Klasse. S. 427—437.

Rhomboeder [17] zur Grundform). Auch die nächst-einfache Form, das regelmäßige Oktaeder (2) findet sich fast nur bei Elementar-Stoffen und deren Verbindungen mit Schwefel und Sauerstoff (unter 18 Fällen sind nur 6 zusammengesetztere).

β. Wenn zwei verschiedene Substanzen (z. B. Phosphor und Arsenik) sich nach gleichen Volumina einer dritten (z. B. Sauerstoff) verbinden, so erzeugen beide hiedurch gebildete Körper (z. B. Phosphorsäure und Arseniksäure) auch in allen Verbindungen mit andern (Salz-Basen) solche Gemische (Salze), welche in gleichen Proportionen zusammengesetzt sind; — und wenn diese andre mit ihnen verbundene Substanz (Salz-Basis) die nämliche ist, so haben beiderlei Verbindungen mit ihr (Salze) auch die nämliche Krystall-Form, sogar mit gleichen Winkeln [1]). Dieß gilt nicht allein von der Säure, sondern auch von der Salz-Basis. Unter den Säuren geben die zwei schon genannten das beste Beispiel. So haben beide, die sauer-phosphorsauren und die sauer-arseniksauern Verbindungen mit Ammoniak, Kali, Natron und Baryt, in Säure und Basis überall gleiche Proportionen und auch gleiche Krystall-Formen; so ferne nicht etwa ungleiche Mengen von Wasser damit verbunden sind. So auch die basischen Verbindungen genannter Säuren mit denselben Grundlagen. Doch gehören diese Beispiele nicht in's Gebiet der Mineralogie. [2]). — So scheinen sich unter den Metall-Oxyden oder metallischen Salz-Basen Baryt, Strontian und Blei unter einander gleich zu verhalten, da sie sich als Oxyde mit 1 MG., und als Hyperoxyde mit 2 MG. Sauerstoff verbinden. Sie geben im ersten Falle, mit 1 MG. Kohlensäure verbunden, drei Mineral-Stoffe im rhombischen System krystallisirt.

Mineral.	Chemische Formel [3]).	Krystall-Form.
180. Witherit . .	$\mathrm{B\ddot{a}r\ C\ddot{a}rb^2}$ . .	12. gerade Rauten-Säule.
181. Strontianit .	$\mathrm{Str\ddot{o}\ C\ddot{a}rb^2}$ . .	12. „ „ „
190. Bleispath . .	$\mathrm{Pl\ddot{m}b\ C\ddot{a}rb^2}$ . .	11. Rektangulär-Ditetraeder,

[1]) Mitscherlich a. a. O.

[2]) Sie enthalten nämlich eine Mischungsgewicht Basis (und diese zusammengesetzt aus 1 MG. Alkali mit 1 MG. Sauerstoff) auf 2 MG. Säure (und diese bestehend aus 2 × 1 MG. Basis mit 2 × 2½ MG. Sauerstoff) und 2 MG. Wasser.

[3]) Die Bedeutung der chemischen Zeichen nach Berzelius findet man, außer in dessen Schriften, jetzt in allen Lehrbüchern der Chemie. Wir verweisen namentlich auf Gmelin's Handbuch der theoretischen Chemie (Frankfurt 1827), I, S. 32 ff. In einigen Fällen haben wir die Zeichen etwas mehr ausgeschrieben, um sie sogleich verständlich zu machen. Die Punkte bezeichnen die Zahl der Sauerstoff-Atome, welche mit der Basis, wobei sie stehen, verbunden sind; die kleinen Zahlen oben rechts die Atome der Verbindung, bei deren Zeichen sie unmittelbar stehen; das Übrige an diesen Formeln ist wohl leicht für sich verständlich. $\mathrm{B\ddot{a}r\ C\ddot{a}rb^2}$ heißt also eine Verbindung aus 1 Baryt (1 Atom Baryum mit 2 Atom Sauerstoff) mit 2 Atom Kohlensäure (von je 1 Atom Kohle mit 2 Atom Sauerstoff); stünde

wo also nur die Form des letzten etwas, doch innerhalb des nämlichen Systemes abweicht. — So verhält sich eine zweite Gruppe von Metall-Oxyden sehr ähnlich, nämlich Eisen-Oxyd, Mangan-Oxyd?, Zink-Oxyd, Kobalt-Oxyd, Kupfer-Oxyd, Kalkerde und? Talkerde, Nickel-Oxyd, welche theils gewiß, theils vermuthlich im Oxyde mit 2 MG., im Hyperoxyde mit 3 MG. Sauerstoff verbunden sind. Doch sind weder diese Hyperoxyde, noch die entsprechenden Verbindungen der Oxyde u. s. w. alle bekannt.

Sie geben folgende Verbindungen mit 1 MG. Kohlensäure ohne Wasser:

Grundlage.	Verbindung.	Chemische Formel.	Krystall-Form.
Eisen .	(188) Eisenspath z. Th.	$\dot{\text{Fer}}\ \ddot{\text{Carb}}^2$ . . .	Kalksp.-Rhomboed.
Mangan	(187) Manganspath z. Th.	$\dot{\text{Mang}}.\ \ddot{\text{Carb}}^2$ . . .	desgl.
Calcium	(184) Kalkspath . .	$\dot{\text{Cal}}\ \ddot{\text{Carb}}^2$	desgl.
Magnium	(186) Magnesit . .	$\dot{\text{Magn}}.\ \ddot{\text{Carb}}^2$ . . .	desgl.
0,5 Calc. / 0,5 Magn.	(185) Bitterkalk .	$\dot{\text{Cal}}\ \ddot{\text{Carb}}^2 + \dot{\text{Magn}}.\ \ddot{\text{Carb}}^2$	desgl.
Eisen / x Calc.	(188) Eisenspath z. Th.	$\{\dot{\text{Fer}}, \dot{\text{Cal}}\}\ \ddot{\text{Carb}}^2$ . . .	desgl.
Kalk / x Mang.	(187) Manganspath z. Th.	$\{\dot{\text{Cal}}, \dot{\text{Mang}}.\}\ \ddot{\text{Carb}}^2$ . .	desgl.
(Zink . .	(268) Zinkspath . .	$3\ \dot{\text{Znc}}\ \ddot{\text{Carb}}^2 + \text{Znc Aq}^6$	desgl.)

Kupfer, Nickel, Kobalt mit wasserfreier Kohlensäure würden sich wohl ähnlich krystallisiren.

(Auch das schon zur vorigen Gruppe gerechnete Blei, als [217] schwefelkohlensaures Blei [3 $\dot{\text{Pb}}\ \ddot{\text{Carb}}^2 + 1\ \dot{\text{Pb}}\ \text{Sulph}.^2$] hat eine Rhomboeder-Form.) Dagegen ändern Wasser-Gehalt, andere Proportionen und ein Zusatz von Baryt-Erde die Form in schiefe Rauten-Säulen um, welche dann auch das Natron annimmt, welche Fälle indeß alle in andere verschiedene Gruppen gehören würden: auch sind die Winkel jener Säulen ungleich.

Grundlage.	Verbindung.	Chemische Formel.	Krystall-Form.
Kupfer . .	(270) Kupfer-Lasur	$2\ \dot{\text{Cu}}\ \ddot{\text{Carb}}^2 + \dot{\text{Cu}}\ \text{Aq}^2$	Rhomboeder
„ . .	(269) Malachit .	$\dot{\text{Cu}}\ \ddot{\text{Carb}} + \text{Aq}$.	desgl.
0,5 Baryt / 0,5 Kalk	(182) Barytokalzit	$\text{Bar}\ \ddot{\text{Carb}}^2 + \dot{\text{Cal}}\ \ddot{\text{Carb}}^2$.	desgl.
Natron	(271) Trona . .	$\dot{\text{Nat}}\ \ddot{\text{Carb}}^2 + \text{Aq}$. . . .	desgl.
und wieder Blei mit Schwefels.	(191) Kohlenschwefelsaures Blei	$\dot{\text{Pb}}\ \ddot{\text{Carb}}^2 + \dot{\text{Pb}}\ \ddot{\text{Sulph}}^2$.	desgl.

Wären obengenannte Stoffe alle mit Schwefelsäure ohne Wasser verbindbar, so würden sie, bei gleichbleibender Proportion zur Schwefelsäure

nun vor dieser chemischen Formel noch die Ziffer 2, so hätte sie auf **alle** dahinter genannten Verbindungen zugleich Bezug, bis zum nächsten + Zeichen.

zweifelsohne ein ähnlich übereinstimmendes Resultat liefern. So wie aber Wasser hinzutritt, welches zahlreiche Verbindungen vermittelt, ist außer der Anzahl der Mischungsgewichte der Säure auch die der Mischungsgewichte des Wassers von Einfluß auf die Krystall-Form. Ist die Säure mit der Basis in dem Verhältniß vereinigt, daß sich der Sauerstoff in beiden = 7 : 1 verhält, so gibt es drei Reihen unter obigen Körpern, insoferne sie sich nämlich theils natürlich oder nur künstlich mit Wasser in der Weise verbinden, daß der Sauerstoff ihrer Oxyde sich zu dem ihres Wassers = 1 : 5, oder = 1 : 6, oder = 1 : 7 verhält; einige von ihnen kommen selbst in mehren solchen Proportionen vor und nehmen damit andre Gestalten an.

Sauerstoff.	Grundlage.		Verbindung.	Chem. Formel.	Krystall-Form.
1 : 5	Kupfer-Oxyd	. . .	(293) Kpf.-Vitriol	$\ddot{Cu}\,\dddot{Su}^2 + 10\ Aq.$	Schiefe Rhomboid-Säule
"	Mang.-Oxydul [1]	. . . .	künstlich	. . . .	desgl.
1 : 6	Eisen-Oxydul	. . .	(290) Eis.-Vitriol.	$\ddot{Fe}\,\dddot{Su}^2 + 12\ Aq.$	Schiefe Rhomben-Säule
"	Eisen-Oxydul Kupf.-Oxyd	Schwefels. E : K = wenigstens 9:91	künstlich	. . . . . .	desgl.
"	Eisen-Oxydul Zink-Oxyd	Schwefels. E : Zink = wenigstens 15:85	"	. . . .	desgl.
"	Eisen-Oxydul Kupf.-Oxyd Zink-Oxyd	Schwefels. E : K : Z. = 4:21:75	"	. . . .	desgl.
"	Mangan u. d. ähnliche Verbindgn.		"	. . . .	desgl.
"	Kupf.-Oxyd Zink-Oxyd	Schwefels. K : Z fast = 50:50	"	. . . .	desgl.
"	Kupf.-Oxyd Talk-Erde	Schwefels. = 50:50	"	. . . .	desgl.
"	Kupf.-Oxyd Nickel-Oxyd	desgl. .	"	. . . .	desgl.

[1]) Es sind hier überall solche Oxyde gemeint, welche nach **Gmelins** Chemie 1 MG. Metall auf 1 MG. Sauerstoff enthalten, daher dessen Eisen-Oxydul, Mangan-Oxydul, oder Kupfer-Oxyd u. s. w.

Sauerstoff.	Grundlage.	Verbindung.	Chem. Formel.	Krystall-Form.
1 : 7	Zink-Oxyd	(295) Zink-Vitriol	$\dot{Z}nc\,\dddot{S}u^2 + 4\,Aq.$[1]	Gerade Rhomben-Säule
„	Nickel-Oxyd	künstlich	. . . .	desgl.
„	Bitter-Erde	(287) Bittersalz	$Magn\,\dddot{S}u^2 + 4\,Aq.$	desgl.

Inzwischen ist es auffallend, daß die letzten zwei Formen noch eine große Anzahl von schwefelsauren Mineral-Stoffen besitzen, deren Grundlagen entweder in andern Gruppen oder deren Verbindungs-Proportionen in andre Reihen gehören. So

Grundlage.	Verbindung.	Chem. Formel.	Krystall-Form.
Natron (und Wasser)	(285) Glaubersalz	$\ddot{N}a\,\dddot{S}u^2 + 20\,Aq.$ . .	Schiefe Rhomben-Säule.
„ u. Kalk	(203) Brongniartin	$\ddot{N}a\,\dddot{S}u^2 + \dot{C}a\,\dddot{S}u^2$ . .	desgl.
Kupfer, Blei (u. Wasser)	(292) Kupferblei-Vitriol	. . . .	desgl.
Eisen-Oxyd, -Oxydul, Talkerde, Kalkerde, Wasser	(291) Botryogen	. . . .	desgl.
Ammoniak (u. Wasser)	(284) Mascagnin	$\dot{A}m\,\dddot{S}u^2 + 4\,Aq.$ . .	Gerade Rhomben-Säule.
Kupfer (u. Wasser)	(294) Brochantit	Kupf.-Vitriol mit Hydrat	desgl.
Kali, Talk, Kalk mit Wasser	(281) Polyhalit	$\ddot{K}a\,\dddot{S}u^2 + \dot{M}agn\,\dddot{S}u^2 + \dot{C}al\,\dddot{S}u^2 + 4\,Aq.$	desgl.
Kali . . .	(201) Schwefels. Kali	$\ddot{K}a\,\dddot{S}u^2$	desgl.
Natron . . .	(202) Thenardit	$\ddot{N}a\,\dddot{S}u^2$	desgl.
Baryt . . .	(206) Baryt	$\ddot{B}a\,\dddot{S}u^2$	desgl.
Strontian . .	(205) Zölestin	$\dot{S}tr\,\dddot{S}u^2$	desgl.

wo mithin diese letzten 4 alkalischen Verbindungen wenigstens die obige Bemerkung über die Wasser-freien Salze bestätigen. Einige andere Verbindungen der Schwefelsäure haben jedoch abweichende Formen. Es sind

Grundlage.	Verbindung.	Chem. Formel.	Krystall-Form.
Kalk (und Wasser)	(286) Gyps . .	$\dot{C}al\,\dddot{S}u^2 + 4\,Aq.$	Schiefe Rektangulär-Säule,
Kalk . .	(204) Anhydrit .	$\dot{C}al\,\dddot{S}u^2$	Gerade Rektangulär-Säule,
Bleioxyd .	(208) Bleivitriol .	$\ddot{P}b\,\dddot{S}u^2$	Rektangulär-Oktaeder,

[1]) Mitscherlich gibt bei Zink-Vitriol und Bittersalz 7 (14), Berzelius nur 4 MG. Wasser an, und erster als Krystall-Form ein Quadrat-Oktaeder.

womit außer dem zusammengesetzteren Alaun und Alaunsteine auch alle natürlichen schwefelsauren Verbindungen erschöpft sind.

Andere Fälle auffallender Übereinstimmung in Form und Mischung liefern

Grundlage.	Verbindung.	Chem. Formel.	Krystall-Form.
	Gahnit . .	$Znc\ Al^6$	Rektang. Oktaeder.
	Spinell . .	$Magn.\ Al^6$	deßgl.
Rothes Eisenoxyd .	Eisenglanz .	$\dddot{Fe}\ Fe$	Rhomboeder.
Alaunerde . . .	Korund . .	$\dddot{Al}\ Al$	deßgl.

daher auch

4 schwefelsaures rothes Eisenoxyd + 1 schwefels. Kali (künstlich) Würfel
4 schwefelsaure Alaunerde . . + 1 „ „ Alaun
$K\ddot{a}\ S\dddot{u}^2 + 2\ \dddot{Al}\ S\dddot{u}^3 + 24\ Aq.$ . . . . deßgl.

Unter den übrigen Mineralien zeichnen sich noch die Feldspath-artigen hohen trockenen Alaunerd-Silikate durch eine analoge Zusammensetzung bei gleicher Form aus. Die schiefe rhomboidische Säule (16) steht ihnen fast ganz ausschließlich zu. Ihre Mischung ist, wo solche genauer angegeben, ein Alkali-Silikat auf 3 Äquivalente Thonerde-Silikat, so daß bei verschiedenen Arten derselben nur die Art des Alkali abweicht.

		Alkali.	Thonerde.	Kieselerde.
Feldspath, Kali-Feldspath . .	$= Ka\ Si^3 + 3\ Al\ Si^3$ od.	16,5	17,5	66,0
Albit, Natron-Feldspath . .	$= Na\ Si^3 + 3\ Al\ Si^3$ „	11,6	18,6	69,8
Petalit, Lithon-reicher Feldspath	$= Li\ Si^3 + 3\ Al\ Si^3$ „	6,2	19,7	74,1
Triphan, Lithon-armer Feldspath	$= Li\ Si^6 + 3\ Al\ Si^3$ „	6,5	27,9	65,6
Periklin, mit Kali und Natron	=	13	19	68
Anorthit, mit Kalk und Talk	=	18,1	36,3	45,6
Labrador, m. Natr. u. Kalk	$= Na\ Si^3 + 3\ Ca\ Si^3 + 12\ Al\ Si$	16,4	29,0	54,6

Übrigens schließen sich einige andere Mineralien, welche dieselbe Grundform nicht besitzen, hinsichtlich ihrer Mischung eben so nahe an, als einige der hier verzeichneten (der Saussurit u. s. w.).

Eine ähnliche Reihe verwandter Verbindungen stellen die Stilbit-ähnlichen gewässerten Thonerde-Silikate (Stilbit $= Ca\ Si^3 + 3\ Al\ Si^3 + 6\ Aq.$) dar, welche einen Theil der vorigen in den jüngeren vulkanischen Bildungen vertreten; inzwischen haben ihre Formen wenige Verwandtschaft, zweifelsohne weil auch die Proportionen und Verhältnisse der verschiedenen Mineralien zu wenig Analogie haben.

d) Wenn 2 oder mehre Salze dieselbe Mischungs-Proportionen und die nämliche Grundform haben, so können sie in jedem Verhältnisse zu Tripel-Salzen vereinigt vorkommen: eine ihrer Basen kann die andere in jedem Menge-Verhältnisse vertreten, wie man bereits aus einigen der angeführten Fälle ersieht.

e. Wie den kohlensauren Kalk, so gibt es (abgesehen von ganz künstlichen Erzeugnissen) noch einige andere Mineral-Verbindungen, die in zweierlei Krystall-Formen (**Isomerie, Dimorphismus**) erscheinen können, ohne

daß man die bedingenden Ursachen noch genügend kennt. Folgende zum Theil künstlich erzeugte Fälle können darüber einiges Licht verbreiten.

	a)		b)	
Kohlens. Eisenoydul:	a) Junckerit[1]): rhomb.	(10) —	b) Kohlens. Eisen herag.	(17)
Kohlens. Kalk:	a) Arragonit rhombisch,	(11) —	b) Kalkspath heragonal	(17)
Salpeters. Kali:	a) Kali-Salpeter: rhombisch	(11) —	b) (künstl.) heragonal	(17)
Salzs. Ammon.	a) Natürl. Salmiak: tesseral,	(2) —	b) (künstlich) zweigliederig	
Schwefel[2])	a) Natürl. Schwef. (künstl. a. nassem Wege) rhombisch,	(9) —	b) (umgeschmolzen) schiefe Rauten-Säule	(14)
Eisenoryd	a) künstl. in Oktaedern		b) Eisenglanz: herag.	(17)
Schwef. eis. im maximum	a) Strahlkies: rhomb.	(12) —	b) Eisenkies: tesseral	(5)

(**Fe Su⁴** = 45,8 : 54,2).

Frankenheim hat über die 2. bis 5. dieser Mischungen folgende Resultate erhalten: Isomere Körper haben verschiedene Schmelz- und Siede-Punkte; ihre Dämpfe haben verschiedene Eigenschweren. — Sobald die Erwärmung eines der isomeren Körper, z. B. A, eine gewisse Grenze von n^0 überschreitet, wird er zerstört und geht in einen andern Zustand, z. B. B, über. — A kann nie in einer höhern Temperatur seyn, wohl aber B in einer niedern nicht nur existiren, sondern auch entstehen (bei 2, 3 u. 5). — Wird B unter n^0 Temperatur von A berührt, so verwandelt er sich vom Berührungs-Punkte aus in A, bald langsam, bald schnell; auch Erschütterung, Ritzen des Krystalls und dergleichen kann solches bewirken. — Die Verwandlung von B in A ist von Wärme-Entwicklung begleitet [3]).

Mitscherlich hat a. a. O. die Thatsache zuerst festgestellt und zwar an **Schwefel** als einem einfachen Körper, an welchem keine zufällige Beimischung auf die Form von Einfluß seyn kann. Löst man Schwefel in Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl, Chlorschwefel, Phosphorschwefel und anderen Auflösungsmitteln auf und verflüchtigt dann die letzten oder kühlt sie langsam ab, so erhält man den Schwefel in schönen durchsichtigen Rhomben-Oktaedern, dem natürlichen ähnlich. Schmilzt man ihn und läßt ihn langsam erkalten, so erhält man ihn in schiefen rhombischen Säulen. Löst man diese auf erste Art wieder auf, so schießen sie dann selbst in Oktaedern an, u. u. — Auffallend ist es aber, daß aller natürliche Schwefel, seye er durch Sublimation in der Nähe von Vulkanen entstanden, oder in neptunischen Kalksteinen eingeschlossen, nur die erste Form besitzt.

Frankenheim hat die Versuche mit dem **Schwefel** fortgesetzt und gleiche Resultate erhalten. Er hat gefunden, daß der Schwefel als schiefes

---

[1]) Dufrénoy im Jahrb. 1835, 195.

[2]) Mitscherlich: über die Körper, welche in 2 verschiedenen Formen krystalliren, in Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften, 1822—1823, Physik. Klasse, S. 43 — 48.

[3]) Frankenheim im Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländischen Kultur, *1837*, 38—47. — Erdmann: Journal, 1839, **XVI, 1 — 15.**

Rhomben-Prisma anschießet, wenn er in einer seinem Schmelzpunkt nahen Temperatur aus seiner Auflösung präzipitirt oder sublimirt wird, wornach der Krystall auch in gewöhnlicher Temperatur lange Zeit unverändert bleibt. In niederer Temperatur geschmolzen oder sublimirt ist der Schwefel wasserhell; wird dann seine Temperatur bis zur Siedehitze allmählich erhöhet, so geht er durch Gelb und vergängliches Grün in Roth und allmählich in ein undurchsichtiges Schwarz über. Ist der Tropfen groß und breit, so sieht man eine scharfe Grenze zwischen Gelb und Roth mit der Erhitzung voranrücken, und diese Grenze erhält sich, wenn man ihn inzwischen sich abkühlen und erstarren läßt, u. s. w. [1]).

G. Rose hat über die Bildung von **Arragonit** und **Kalkspath** Versuche angestellt und folgende Resultate erhalten. a) Auf nassem Wege entstehen beide, erster bei höherer, letzter bei niedrigerer Temperatur; auf trocknem Wege nur Kalkspath; — b) Arragonit ändert sich sehr leicht in Kalkspath um: auf nassem Wege, wenn man den durch Fällung erhaltenen Arragonit unter Wasser in einer Auflösung von kohlensaurem Ammoniak stehen läßt; auf trocknem Wege, wenn man ihn einer schwachen Rothglühhitze aussetzt, wobei die großen Krystalle zerfallen, die kleinen aber ihre äußere Form behalten und so zu After-Krystallen werden. — Der Karlsbader Sprudelstein ist demgemäß ebenfalls Arragonit, nicht Kalkspath [2]).

Salpeter. Ein zwischen 2 Glasplatten dünne ausgebreiteter Tropfen erstarrender Salpeter-Auflösung unter dem Mikroskope gesehen, läßt anfangs eine Menge rundum ausgebildeter Rhomboeder-Krystalle erkennen. Zugleich damit und etwas später erscheinen an einigen wenigen Punkten Krystalle in rhombischen Säulen, welche sich in dendritischer Fortbildung bald über viel größere Flächen ausdehnen und jene ersten Krystalle aufzehren, wenn sie solche erreichen, ehe sie ganz trocken geworden, indem sie entweder der die Rhomboeder umgebenden Flüssigkeit einen Theil ihrer festen Bestandtheile entziehen und so die Flüssigkeit nöthigen, jene leichter auflöslichen Krystalle wieder zu zerstören, oder indem sie die Rhomboeder bei unmittelbarer Berührung derselben in ihrem Innern sogleich in lauter kleinere Prismen zerfallen machen, wornach diese aus Prismen zusammengesetzten After-Rhomboeder wie andere Prismen auf ihre Nachbarn einwirken, so daß zuletzt nur lauter rhombische Säulen übrig bleiben. Ist aber die Flüssigkeit um die anfänglichen Rhomboeder einmal aufgetrocknet, so können sich diese wochenlang erhalten, unterliegen aber der erwähnten Pseudomorphose: **oft**, wenn sie mit einem festen Körper geritzt werden, **immer**, wenn man sie mit einem prismatischen Salpeter-Krystall berührt oder sie einer Temperatur über 110° C. aussetzt (beim Kalke umgekehrt); sie werden hiebei nur etwas trübe und verhalten sich bei Befeuchtung ganz wie prismatischer Salpeter [3]).

---

[1]) Frankenheim a. a. O.
[2]) Jahrb. *1838*, 322.
[3]) Frankenheim a. a. O.

Salmiak: krystallisirt gewöhnlich im tesseralen Systeme. Auf obige Weise zwischen zwei Glasplatten behandelt und stark erhitzt zeigt er unter dem Mikroskope Krystalle des zweigliederigen Systemes. Sinkt die Temperatur bis auf einen gewissen Grad, so werden die Krystalle trübe und gehen wahrscheinlich in ihrem Innern in tesserale über [1]).

Schwefel-Eisen. Beide Formen kommen natürlich vor. Der Eisenkies zeigt sich hauptsächlich auf Gängen plutonischer und benachbarter Gesteine und scheint daher in höherer Temperatur auf trockenem Wege entstanden zu seyn. Der Strahlkies findet sich in neuern neptunischen Felsarten und mag in niedriger Temperatur auf nassem Wege entstanden seyn: er ist viel leichter zersetzbar als erster; auch auf künstlichem feurigem Wege scheint man nur die erste Form erhalten zu haben.

f. Die krystallisirenden Körper äußern ein **Bestreben nach paralleler Stellung** gegen ihre krystallinische Unterlage, in solchem Grade, daß bei einigen die abgeleitete Krystall-Form und selbst das Krystall-System hiedurch geändert werden kann. So ändert sich das prismatische Krystall-System des Salpeters in das rhomboedrische, dem Kalkspathe isomorphe um auf einer Unterlage aus einem Minerale dieses Krystall-Systemes [2]).

g. Den **Chiastolith** (Nro. 148) betrachtet Jackson seiner chemischen Übereinstimmung wegen für eine Abänderung des Andalusits (Nro. 148), welche durch störende Ursachen und Bildung in einem gelatirenden Mittel eine Mosaik-artige Form angenommen hätte [3]).

§. 57. Die verschiedenen *abgeleiteten Formen*, welche eine und dieselbe Mineral-Art annehmen kann, werden a) theils erwiesener und theils vermutheter Maasen bedingt durch die Anwesenheit stellvertretender (§. 56, d) und außerwesentlicher Gemischtheile in denselben oder wenigstens in der Flüssigkeit, woraus die Krystalle entstanden sind; — b) sie werden veranlaßt durch die Beschaffenheit einer krystallinischen Unterlage.

a. Nach Versuchen im Kleinen sind Luftdruck, Temperatur, Elektrizität, Konzentration, Form-Beschaffenheit des Gefässes u. s. w. ohne Einfluß auf die abgeleitete Form eines Krystalls. Dagegen krystallisirt im Innern einer reinen Auflösung das Mineral gewöhnlich in der Kernform. Nur Beimischungen, Beschaffenheit der Wände, an denen sich die Krystalle ansetzen u. dergl. veranlassen Kombinationen der Form.

b. So krystallisirt

Kochsalz	in Würfeln,	bei anwesender Boraxsäure in Kubo-Oktaedern,
		„ anwesendem Harnstoff in Oktaedern.
Alaun	in Oktaedern,	„ anwesender Salzsäure in Kubo-Ikosaedern,
		„ „ Boraxsäure in Okto-Dodekaedern,
		„ Entziehung von Schwefelsäure durch Alkali in Würfeln.

[1]) Frankenh. a. a. O. — [2]) Frankenh. i. Jahrb. *1839*, 329.
[3]) Jahrb. *1839*, 90.

Eisen-Vitriol in spitzen Rhomboedern, schwach entkantet und ent(spitz?)eckt,
bei anwesendem Kupfer-Vitriol in einfachen Rhomboedern,
„ „ Zink-Vitriol stark entspitzeckt,
„ anwesender Borax- oder Salz-Säure stark entkantet und enteckt [1]).

c. Nach dem von Frankenheim beobachteten Gesetze (§. 56 f) erscheint Jod-Kalium, wenn man es auf Glimmer krystallisiren läßt, statt in der sonst fast konstanten Würfel-Form, als Oktaeder, wovon eine Fläche dann der vollkommenen Theilungs-Fläche des Glimmers parallel ist [2]).

d. Mit dem Gesetzlichen der Verwachsung von Krystallen einerlei Art (**Zwillings-Krystalle**) haben sich die Mineralogen längst beschäftigt. Über das Gesetzliche der Verwachsung verschiedener Arten theilte Breithaupt einige Beobachtungen mit. Eine Folge solcher gesetzlichen Verwachsung von Feldspath und Quarz-Krystallen ist der **Schrift-Granit**. Eine Fläche der Quarz-Pyramide ist jedesmal parallel einer Fläche des vertikalen Feldspath-Prima's; zugleich sind zwei bestimmte Kanten beider Mineralien parallel [3]).

e. Inzwischen möchte es schwer seyn, von diesen wenigen an auflöslichen Salzen gemachten Erfahrungen auf die Verhältnisse zu schließen, welche bei der Bildung der Krystall-Formen alter Silikate u. s. w. einwirken konnten. — Immerhin aber ist es interessant, die abgeleiteten Formen der Mineralien mit den Gebirgs-Arten, den Lagerstätten und den begleitenden Mineral-Körpern zu vergleichen, wozu man den meisten Stoff in v. Leonhard's Handbuch der Oryktognosie [4]) beisammen findet. Nach Leymerie hat der Kalkspath des ?Portland-Kalkes im Aube-Departement fast immer dieselbe Form, Verbindungen des sechsseitigen Prisma's, der Varietäten métastatique und équiaxe, zu zweien zwillingsartig durcheinander gewachsen, meist in Polypiten und von zerstörten Muscheln hinterlassenen Räumen enthalten. Der Flußspath kommt zu Romanèche stets als Oktaeder und als Rauten-Dodekaeder vor [5]) ꝛc.

§. 58. Auch die **übrigen Eigenschaften einer Mineral-Art** können innerhalb gewisser Grenzen variiren, was theils von kleinen fremdartigen Beimengungen, theils von den Verhältnissen abhängig ist, welche bei der Krystallisation noch sonst eingewirkt haben.

a. Daß die vollkommene **krystallinische Ausbildung** vom langsameren Erkalten abhängig seye, ist schon mehrmals angeführt worden.

b. Die **Größe** der Krystalle hängt eben davon ab. Doch kann man nach Mulder große Krystalle auch dadurch erhalten, daß man die zum Krystallisiren bestimmte Flüssigkeit in einem sehr hohen Gefässe stehen läßt; niedrige Gefässe geben viele und kleine Krystalle. Denn das Wachsen derselben ist bedingt in der von unten nach oben gehenden Strömung der

---

[1]) Beudant, Gmelin Chem. I, 16. — [2]) Frankenh. a. a. O.
[3]) Jahrb. *1839*, 89. — [4]) Heidelb. *1826*. — [5]) Jahrb. *1839*, 442.

Flüssigkeit, welche dabei ihren Überschuß an den Krystall absetzt, leichter wird und wieder emporsteigt[1]).

c. Die **Härte.**

d. Die **Eigenschwere**: scheint bei dimorphen Mineral-Verbindungen mit der Krystall-Form in Verbindung zu stehen, in so ferne Dufrenoy nachgewiesen, daß

kohlensaurer Kalk prismatisch = 2,9, rhomboedrisch = 2,7
„ Eisen „ = 3,8, „ = 3,6 hat.

(Frankenheim hat jedoch die Dämpfe solcher Verbindungen ungleich schwer gefunden (§. 56 e). — Krystallinisches Gestein ist schwerer, als derbes, und dieses schwerer als erdiges (§. 101, K).

e. Die **Schmelzbarkeit** wird vermehrt durch geringe Gehalte an irgend einem Flußmittel. Sie ist aber auch abhängig von der langsameren oder schnelleren Bildung des Minerals durch Erkalten. So hat J. Hall gefunden, daß die langsam erkaltete steinartige Lava (freilich eine zusammengesetzte Felsart) erst bei ungefähr 1700°, die schnell erkaltete Glas-Lava schon bei 900° R. schmelze, wenn man seine Wärme-Skala nämlich nach neueren Messungen berechnet (vergl. die Tabelle in §. 47).

f. Die **elektrische Polarität**, welche vielleicht schon bei der Bildung gewisser Krystalle mit polar entgegengesetzten Modifikationen der Kernform im Spiele gewesen seyn und diese bedingt haben mag, zeigt sich in einer bestimmten Beziehung zu den ungleichen Polen dieser Form selbst.

Am **Turmaline** wird bei abnehmender Temperatur dasjenige Ende, woran die Flächen des Grund-Rhomboeders (mit Winkeln von 133° 26′ in den Endkanten) auf den **Flächen** des dreiseitigen Prisma aufgesetzt sind, negativ, — das Ende, woran jene Flächen auf den **Kanten** dieses Prisma's aufgesetzt sind, positiv elektrisch; beim Erhitzen ist es umgekehrt.[2]).

Am **Borazite**, wenn er in Würfeln mit Tetraeder-Flächen krystallisirt, wo nämlich viermal je zwei sich diametral entgegenstehende Ecken ungleich modifizirt, die einen enteckt, die andern unberührt sind, sind auch vier elektrische Achsen vorhanden, deren in den Enteckungen liegenden Pole positiv, die entgegenstehenden negativ elektrisch sind.

§. 59. **Die Existenz eines Minerales wird bedroht**, nicht nur hinsichtlich seiner Individualität durch mechanische Kräfte oder durch Hinzutritt einer erneuten hohen Temperatur, und zugleich hinsichtlich seiner Mischung durch Einwirken auflösender Flüssigkeiten (**Auflösung**), sondern zuweilen auch durch sehr komplizirte Affinitäten (**Verwitterung** u. s. w.), durch elektrische

---

[1]) Jahrb. *1840*, 478. — [2]) G. Rose im Jahrb. *1838*, 337; *1840*, 228.

Kräfte (§. 55 c) u. A. m. Besonders bemerkenswerth sind diejenigen Umänderungen in der Mischung eines Minerals, wobei es nicht zuerst ganz verflüssigt wird, sondern sich ein neues krystallinisches Erzeugniß in unmittelbarer Berührung mit dem alten bildet und absetzt (**Metamorphosen, Epigenie'n**), entweder auf dessen Oberfläche (**Ausblühungen**), oder im Innern seiner Masse selbst, so daß diese allmählich ganz umgewandelt wird, ohne die äußere Krystall-Form zu ändern (**Pseudomorphosen, Zämentationen, Verwitterung**).

Manche Beispiele der Art werden unter den künstlichen Versuchen §. 84 angeführt. Da solche Veränderungen neue Verhältnisse voraussetzen, so gehören sie einer späteren Zeit an. Sie sind ihrerseits wieder die Ursache der schnellen oder langsamen Umwandlung oder Zerstörung ganzer Gebirgs-Arten und Gebirgs-Massen, welche aus jenen Mineralien zusammengesetzt sind.

Zweites Kapitel: Die Erd-Hülle.

(Atmosphäre und Ozean.)

§. 60. Nach Erstarrung der äußersten Erdkruste besaßen der Erd-Kern und, wenigstens in ihrem untern und größten Theile, die elastische Erd-Hülle eine noch gleiche und unveränderliche Temperatur von etwa 2000° — 3000° C., bei welcher mithin eine Menge von Stoffen noch in einem elastisch-flüssigen Zustande verweilten, die wir jetzt nicht mehr, oder nur in Spuren darin finden. Darunter würde das Wasser aller unserer Meere u. s. w. die Masse und auch den (unter der Voraussetzung einer noch ebenen Erd-Oberfläche) gleichförmigen Druck der jetzigen Atmosphäre vielleicht um das 300-fache, alle übrigen chemisch oder mechanisch darin aufgenommenen Bestandtheile aber kaum um das Einfache haben vermehren können, wenn nicht der eigene Druck diesen Materien ihre Verdampfbarkeit wieder um ein Ansehnliches vermindert hätte.

a. Die damalige Atmosphäre enthielt, **alle ihre jetzigen Bestandtheile**, bestehend

	Stickgas	Sauerstoffgas
dem Maaße nach in	0,790,	0,210
dem Gewichte nach „	0,767,	0,233.

Der Druck der ganzen jetzigen Atmosphäre an dem Meeres-Spiegel hält im Mittel einer Wasser-Säule von 31′73 (in runder Summe 32′) Par., oder einer Quecksilber-Säule von 28″ und 0‴,9 (in runder Summe 28″) Par. (0m,76) das Gleichgewicht, und die Eigenschwere der Luft unter diesem Drucke beträgt 0,001208 ($\frac{1}{816}$) von der des Wassers. Bei einer in ihrer ganzen Höhe gleichbleibenden Dichte und Eigenschwere würde sie demnach 26.280′ Höhe haben.

Außerdem aber sind der Atmosphäre noch beigemengt: Wasser in sehr veränderlichen Mengen; — Kohlensäure-Gas 0,01 — 0,001 (ungewöhnliche Fälle ausgenommen); zuweilen etwas Ammoniak; schwefelige Säure über Städten, welche viele Steinkohle brennen; reines und hydrothionsaures Ammoniak über den Bassins von Montfaucon; essig- und hydrothion-saures Ammoniak in den Kloaken von Paris [1]); — und in sehr geringen und durchaus unbeständigen Mengen: Kohlenwasserstoffgas über Sümpfen; hydrothionsaures Gas über Schwefelquellen; Salzsäure und deren Verbindungen mit Natron, Kalk und Bittererde über dem Meere und wohl auch in Binnengegenden; Jodine und Bromine über dem Meere [2]); mancherlei Gasarten in der Nähe verschiedener Fabriken, sogar Kupfer in der Nähe von Kupferhütten; wie sich kohlensaurer Kalk, salzsaurer Kalk und salzsaures Natron im Thau der Moräste von Cercle im Departement de l'Aude fanden [3]); endlich organische Dünste: unter welchen Bestandtheilen einige der unbedeutendsten freilich thierischen und somit neuern Ursprungs sind. [4]).

b. **Sauerstoffgas**, welches seither zur Oxydation von Metallen und Erden? verwendet worden seyn mag; im Ganzen wohl nicht bedeutend an Menge.

c. **Alle Elemente der Pflanzen und Thierwelt** sowohl, als der aus früherer Zeit noch in der Erde vorhandenen Überreste: mithin Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff (beide

[1]) Chevalier im *Institut* II, no. 475.
[2]) Murray, Jahrb. *1831*, 481.
[3]) de Fontenelle in *l'Institut* II, no. 67.
[4]) Vergl. insbesondere die Analyse von Brandes in „Geologie und Geogn." S. 573.

größtentheils zu Wasserdunst vereinigt) und Stickstoff. α. Ein erwachsener und geschlossener Hochwald auf gutem Boden enthält auf einem Morgen von 40.000 Quadr.-Fuß nur 10.000 Cub.-Fuß Holz, welches im grünen Zustande durchschnittlich etwa die Eigenschwere des Wassers besitzt. Dieses Holz würde die Oberfläche des Morgens mithin nur $\frac{1}{4}'$ hoch bedecken. Nimmt man nun an, daß, die übrige Vegetation mitgerechnet, aller Wald im Durchschnitt $\frac{1}{2}$ so viel Holz enthalte und daß $\frac{1}{2}$ alles trockenen Landes mit Wald bedeckt seye, so käme über die ganze Erdoberfläche eine Holz-Schichte von $\frac{1}{4}' \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{48}' = 3'''$. Dazu würde die Thierwelt nur noch eine kleine Quote beifügen können. — β. Schwerer ist es, die Masse aller Stein- und Braunkohlen-Lager zu berechnen. Sollten sie aber auch eine mehre Fuß dicke Schichte über die ganze Erdoberfläche zu bilden hinreichen, so würden sie ihrer etwas größeren Eigenschwere ungeachtet (1,0 — 1,6) doch immer nur einen kleinen Theil vom Betrage unserer jetzigen Atmosphäre ausmachen. — γ. Die organischen Bestandtheile der Dammerde machen durchschnittlich etwa 0,02 — 0,04 einer 1′ — 2′ dicken Erd-Lage auf $\frac{1}{3}$ unserer Erdoberfläche aus. Sie könnten daher den Luftdruck nur um ein nicht nennenswerthes Quantum vermehren. — δ. Qualitativ würde hiebei die Atmosphäre jedoch einen absolut wie relativ größeren Gehalt an Kohlensäure erlangen, da der Stickstoff dann unbedeutend wäre und die anderen Elemente fast ganz in Wasser aufgehen würden. Ad. Brongniart berechnet daher den Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure vor Entwickelung einer lebhaften Vegetation auf 0,05 — 0,08 [1]).

d. **Alles Wasser** unserer Meere, See'n und Flüsse. Nähme man die mittle Tiefe des Meeres, wie sie Laplace aus den Erscheinungen der Ebbe und Fluth berechnet hat, auf 4 Meilen oder fast 91.400′ über die ganze Erdoberfläche an, so würde (eine Wassersäule von 32′ Höhe im Drucke einer Atmosphäre gleich gesetzt) dasselbe einen gleichmäßigen Druck von 2855 Atmosphären auf der ebenen Erdoberfläche ausgeübt haben. Inzwischen würde dieser Dampf, welcher bei gleichem Drucke und Temperatur immer fast 0,66 von der Dichte der Luft besitzt, unter seinem eigenen

[1]) Jahrb. *1830*, 137.

Drucke von oben nach unten immer dichter geworden seyn und zuletzt die Dichte des Wassers selbst erreicht und daher die Atmosphäre in einem viel geringern Grade erhöht und, wenn die Erde so uneben als jetzt gewesen, seine stärkere Wirkung doch nur auf die Tiefen hauptsächlich beschränkt haben, welche jetzt das Meer noch schwerer drückt.

Die folgende, aus Gehlers physikal. Wörterb. **II**, **351** u. **385** ff. entlehnte Zusammenstellung zeigt, auf welche Weise mit zunehmender Temperatur die Elastizität und Dichte des Dampfes (wenn er in geschlossenen Räumen, also bei hinreichendem Gegendrucke, um seine Expansion zu verhindern, mit dem Wasser in Berührung bleibt, woraus er sich bilden kann) wächst.

Bei einer Temperatur von Graden nach Celsius	ist des Wasser-Dampfes	
	Elastizität in Atmosphären.	Dichte gegen das Wasser.
100	1	0,00061
200	13,5	0,00652
300	64,7	0,02563
400	185,9	0,06260
500	400,8	0,11735
600	722,1	0,18705
700	1154,1	0,26798
800	1695,0	0,35668
900	2339,6	0,45012
1000	3081,2	0,54591
1100	3912,3	0,64251
1200	4825,3	0,73840
1250	5310,1	0,78580.

Da er nun selbst ein Gewicht von **2.800** Atmosphären besessen (S. **127**), so würde der Druck der obern auf die untern Schichten genügend gewesen seyn, bei etwa **950°** C. dessen Elastizität in den unteren zu kompensiren.

e. Alle jetzt festen Elemente der Erde, welche in einer Temperatur von **1000′** bis **3000′** vollständig verdampfbar sind, sofern nämlich sie nicht in feuerbeständiger Verbindung sich befinden. Einige derselben sind in der Tabelle §. **47** bereits angeführt worden. Einige

andere verdampfen erst in den höchsten künstlichen Temperaturen; so

Kalium in sehr hoher Temperatur,
Natrium überhaupt schwierig u. s. w.

f) Viele Körper unterliegen aber schon einer schwachen und langsamen Verdunstung weit unter dem Wärme-Grade, welcher ihre vollständige Verdunstung oder auch selbst nur ihre Schmelzung herbeiführen würde, wie Letztes vom Eise bekannt ist. Zink in Kohlenoxydgas verdampft bei niedrigerer Temperatur, als für sich. Jod mit Wasserdämpfen schon bei 100° C. statt 175°.

g. Viele Körper mögen in heißem Wasser oder in Wasserdämpfen von den angegebenen oder auch weit geringern Temperaturen auflöslich seyn, die es in kaltem oder gewöhnlichem heißen Wasser nicht sind. Und so mögen unter den verflüchtigten Stoffen noch manche auch wieder auf andere in der Art auflösend gewirkt haben, daß sie solche mit sich verflüchtigten.

h. Wir wollen hier einige künstliche Verdampfungen anführen, ohne entscheiden zu können, in wie weit jedesmal die Momente e, f, oder g dabei mitgewirkt haben, oder auch nur in welchen Verbindungen sich die anzuführenden Elemente während ihrer Verflüchtigung befunden. Einige sind schon in §. 55 b berührt worden, die wir hier nur kurz nochmals nennen wollen.

Kalium erscheint in aus Dampf erzeugtem Chlorkalium (S. 110).
Kali in eben solchem Feldspath (S. 113).
Kalkerde findet sich in aus Dämpfen erzeugtem Titanit (S. 114).
Kohlensaure Kalkerde soll nach Daubeny's Versuchen nur auf mechanischem, nicht auf chemischem Wege zu verflüchtigen seyn [1]). Inzwischen sah Willis Gaylord zu Otisco, V. St., kohlensauren Kalk innerhalb einer hölzernen Röhre, durch welche lange Zeit Wasserdampf ausgetrieben worden war, eine glatte und harte steinerne Röhre von $\frac{3}{8}$'' Dicke bilden [2]).
Talkerde hilft einen aus Dämpfen erzeugten Olivin zusammensetzen (S. 111).
Kohlensaure Talkerde verflüchtigt sich, wie kohlensaure Kalkerde.
Alaunerde findet sich reichlich in dem mehr erwähnten Feldspathe (S. 113).
Kieselerde ebenso in Feldspath, Olivin und Titanit (a. a. O.). Außerdem fanden Vauquelin, Koch und Stumm im Gestelle ausgebrochener Hoheisenöfen eine faserige, lockere, zerreibliche Kieselerde, die

[1]) Jahrb. *1837*, 123.
[2]) Silliman *Americ. Journ. 1839*, XXXVII, S. 398.

wohl nur durch Verflüchtigung sich abgesetzt haben konnte [1]). Nach Koch's Ansicht genügte die Hitze jener Öfen, um das Silicium aus Kiesel-reichen Eisenminern zu reduziren, welches sich dann theils zu Silicium-Eisen verband, theils in Dampf-Form in den Gestellstein eindrang, sich absetzte und wieder oxydirte, zum Theil jedoch erst nachdem es wieder geschmolzen war [2]).

Titanoxyd ist in aus Dämpfen erzeugtem Titanit enthalten (S. 114).

Zink und Blei finden sich in eben so gebildetem Bleiglanze, Blende und Zinkoxyd (S. 110).

Kohlensaures Bleioxyd findet sich als solches unter den aus Dämpfen entstandenen Hütten-Produkten.

Auch zeigte Dunn, daß feuchtes kohlensaures Bleioxyd, wenn es in einer Abdunstungs-Schaale bis zu 65° C. erwärmt wurde, an die 25° C. warme Luft des Laboratoriums überging [3]).

Eisen verdampft in sehr hoher Hitze, wie bei Verbrennen in Sauerstoffgas; findet sich in aus Dämpfen entstandenem Olivin (S. 111). Es verflüchtigt sich als Dampf in den Hohöfen und setzt sich in Tropfen-Gestalt am obern Theile der Schlacken-Zellen wieder ab, wo es mitunter oberflächlich krystallisirt [4]).

Kupfer hat man in der Nähe schwedischer Kupfer-Hütten im Holze der Gebäude aus Dämpfen abgesetzt gefunden.

Silber und Gold verflüchtigen sich zwar bei einer eben zum Schmelzen hinreichenden Temperatur und einer sorgfältigen Behandlung nicht, sondern erst in den stärksten künstlichen Hitzegraden. Doch begünstigt Anwesenheit von Arsenik die Verflüchtigung (Agricola, Erker).

Silber verflüchtigt sich nach Lampadius' Versuchen und anderen zusammengestellten Erfahrungen [5]) A. im Schmelzfeuer bei anfangender Weißglühhitze; a) bei nicht zu stark einwirkender Luft auf mechanische Weise als metallisches Silber so stark, daß in einem Versuch mit 10 Mark der Verlust binnen zwei Stunden 0,02 des Gewichtes ausmachte; — b) in Sauerstoffgas-Feuer aber als Oxyd, und zwar am stärksten, wenn man strengflüssige, ihm in der elektrischen Reihe nahestehenden Metalle (Nickel, Platin, Irid), welche es zurückstoßen, beifügt. — B. Bei der geringen Hitze des Röst-Prozesses kann der Verlust je nach dem Silber-Gehalt der Erze, ihrer Beschickungs-Weise u. s. f. 0,005 bis 0,2 betragen; es entweicht theils mechanisch mitfortgerissen, theils als Chlorsilber.

Gold ist nach demselben in der Hitze des Schmelzfeuers (A a b) einem nur geringen, mit Platin und Irid gar keinem Verlust unterworfen. Beim Röst-Prozeß (B) aber ist solcher viel stärker, als beim Silber; er kann bis zu 0,32 und in manchen Fällen leicht bis zu gänzlichem Verschwinden des Goldes steigen [6]).

Andre Nachweisungen aus der Natur finden sich in §. 102 B.

---

[1]) Gmelins Chemie I, 735.

[2]) Koch, „zur Kenntniß krystallinischer Hütten-Produkte", Göttingen 1822, S. 54 ff.

[3]) Jahrb. *1837*, 76. — [4]) Hausmann im Jahrb. *1837*, 583.

[5]) Erdmann Journ. *1839*, XVI, 204—211. — [6]) Lampad. a. a. O.

i. Wie viel nun die zuletzt angeführten Stoffe (h) zu Vermehrung der Atmosphäre während verschiedener Hitze-Grade derselben beigetragen haben, ist nicht wohl möglich zu berechnen, und wenn sie auch eine Zuführung metallischer Stoffe auf der äußern Oberfläche der Erdrinde veranlaßt haben können, so war solche jedenfalls verhältnißmäßig schwach und gleich dem durch sie vermehrten Druck bei einer Temperatur unter 2000° C. schon durchaus nicht mehr in Anrechnung zu bringen.

k. Auch die Kohlensäure aller neptunischen Kalk-Niederschläge hatte man zu den Bestandtheilen der ersten Atmosphäre gerechnet, weil die Kohlensäure schon im gewöhnlichen Brennofen den Kalk verläßt, und noch mehr weil Kieselerde-haltige Mineralien mit kohlensaurem Kalk zusammen im Feuer behandelt aufgeschlossen würden und ihre Kieselerde als Säure die schwächere Kohlensäure austreibe und sich des Kalkes bemächtige.

Aber unter hohem Luft-Drucke verliert der Kalk durch Brennen und Schmelzen seine Kohlensäure nicht, und wenn diese mithin ohne Spannung ist, wird sie auch von Kieselsäure nicht verdrängt [1]). Vgl. S. 96, d.

l. Bei Anwendung dieser Erfahrungen nach kleinem Maasstabe auf die Geologie hat man nur zu berücksichtigen, daß die viel dichtere und schwerere Atmosphäre jener Zeit auch die mechanische Verflüchtigung begünstigte, in so ferne die Theile in der schweren Luft spezifisch leichter wurden und heftig aufwärts ziehende Ströme heißer Luft sie leichter forttragen konnten; daß jedoch der verstärkte Luftdruck die Verdunstung wieder verminderte.

§. 61. Die **geologische Thätigkeit** der ersten Atmosphäre war gegen die der jetzigen sehr einfach; wurde aber mit fortschreitender Abkühlung zusammengesetzter und der jetzigen ähnlicher.

a. Denn da man keine Ursache hat, eine ungleiche Oberflächen-Beschaffenheit der Erde (Meer, Land, Gebirge) anzunehmen und man daher in gleichem Abstand von ebener Oberfläche der Erde auch überall eine gleiche Dichte und Schwere der Atmosphäre voraussetzen muß, da ferner die Temperatur derselben noch so hoch war, daß eine klimatische Verschiedenheit der Zonen nicht bestehen konnte, so fällt die ganze mächtige Reihe der jährlichen u. a. Witterungs-Erscheinungen weg. Die atmosphärischen Bewegungen mögen sich daher beschränkt haben auf ein beständiges Ausstrahlen großer

[1]) Berzelius im Jahrb. *1840*, 86.

Wärme-Massen durch die Luft-Hülle in den Weltraum (S. 75 d), auf ein beständiges Aufsteigen durch die Hitze expandirter Dämpfe gegen die Grenzen der hohen Atmosphäre hin, wo sie durch abnehmende Wärme allmählich verdichtet und in eine zusammenhängende Wolken-Hülle verwandelt von oben das Eindringen der Sonnenwärme hinderten, während sie in Regen-Form wieder hinabfielen, um, vielleicht ehe sie noch die heiße Erdoberfläche erreicht hatten, auf's Neue zu Dunst aufgelöst zu werden.

b. Besondere zeitliche und örtliche Ursachen zu Bewegungen in der Atmosphäre lassen sich daher andere kaum annehmen, als die mechanische Einwirkung von Mond und Sonne, die ein Ebben und Fluthen jener Atmosphäre zur Folge hatte, stärker als in der jetzigen (§. 26), aber, wegen der Zusammendrückbarkeit der Luft, doch noch immer weit schwächer, als in unseren Meeren, wenn gleich diese damals ganz in sie aufgenommen waren.

c. Diese mächtige Atmosphäre hinderte daher die schnelle Abkühlung der Erde durch Ausstrahlung mehr als unsre jetzige vermögte, theils wegen ihrer größeren Dichte und Höhe, theils wegen der vorhin erwähnten Abhaltung der Sonnenstrahlen von der Oberfläche, wenn gleich diese nicht vermocht hätten, eine fühlbare Wärme-Vermehrung hervorzubringen.

§. 62. In dem Verhältnisse, als die Atmosphäre mit der Erdfeste sich abkühlte, sammelten sich die Dünste derselben in Form einer zusammenhängenden, noch sehr heißen, ja **glühenden, Wasser-Bedeckung** auf der anfangs ebenen Oberfläche an, worin die salzigen u. a. Bestandtheile nach dem Verhältnisse des Temperatur-Grades des Wassers aufgelöst blieben, während sich die unauflöslichen festen Körper theils unmittelbar aus der Atmosphäre, theils aus dem sich nun immer weiter abkühlenden Wasser zu Boden senkten. Aber die ersten Niederschläge aus einer glühenden Wasser-Masse könnten vielleicht jenen sehr ähnlich gewesen seyn, welche wir aus trockener Glühhitze herzuleiten gewöhnt sind.

a. Es ist klar, daß des ungeheuern Atmosphären-Druckes wegen der Niederschlag des Wassers in tropfbarer Form schon weit über dem jetzigen Gerinnungs-Punkte des Wassers (= 100° Cels.) beginnen mußte; nämlich schon bei einer Temperatur von vielen Hundert und vielleicht mit Tausend Graden, daß anderntheils der Niederschlag des Wassers auch bei einer Abkühlung der Erde auf

100° noch nicht so vollkommen als jetzt gewesen seyn kann, wo die mittle Temperatur der Erdoberfläche weit geringer ist; daß daher auch, wenn wir eine Abkühlung auf 100° als die Zeit des vollständigen Niederschlages der Gewässer bezeichneten, dieß nicht in mathematischer Schärfe anzunehmen seye.

b. Besaß das erste Meer nur eine Temperatur von einigen Hundert Graden Wärme, so waren manche Stoffe noch darin löslich, die es jetzt nicht mehr sind, oder sie waren es in viel reicherem Maase als jetzt, während umgekehrt nur sehr wenige Mineral-Körper eine vielleicht etwas größere Auflöslichkeit im kalten Wasser besitzen (Gyps). Beispiele solcher erhöhten Auflösungs-Fähigkeit geben uns noch jetzt die heißen Quellen, deren Temperatur auch jetzt im Innern der Erde durch den vermehrten Druck die 100° C. oft weit übersteigt, und mit Rücksicht auf welche wir folgende Tabelle entworfen haben.

Man findet nämlich gegenwärtig nach Vergleichung eine sehr große Menge von Analysen, jetzt eine weit geringere Anzahl von Stoffen im Meere als in den Quellen, und insbesondere den heißen, aufgelöst. Mit ++ sind einige Stoffe bezeichnet, welche vorzugsweise in den Quellen in der Nähe der Vulkane, mit +× jene, welche in nicht vulkanischen Quellen vorkommen.

Aufgelöste Bestandtheile	in Quellen			im Meere
	überhaupt	in heißen von 30°—100° C.	in kalten v. 0—28° C.	v. 0—28° C.
Gase: bis 0,166 Volumina				
Stickgas	+	+	+	
Sauerstoffgas	+	+	+	
Kohlensaures Gas . . .	++	+	bis 0,36	+
Schwefligsaures Gas . .	+			
Schwefelsaures Gas . .	+			
Kohlenwasserstoff-Gas . .	+	. . .	+	
Schwefelwasserstoff-Gas .	++	+	+	
Hyrothionige Säure . .	+	. . .	+	
Feste Stoffe 0,001 — 0,04 Gewicht, in Kochsalz-Quellen bis 0,40				
Schwefelsäure (gebunden)	+	+	+	bis 0,54
Boraxsäure . " .	+	+	. . .	+
Phosphorsäure " .	+	+ [1]		
Jod	+	0,0007	+	+
Brom	+	+	0,006	
Chlor	+	0,25 ꝛc.	0,25 ꝛc.	+

[1] Im Kreutznacher Pfannenstein.

Aufgelöste Bestandtheile	in Quellen überhaupt	in heißen von 30°—100° C.	in kalten v. 0—28° C.	im Meere v. 0—28° C.
Flußsäure (gebunden) . .	+	+		
Amoniak rein	+	+		
„ kohlensauer . .	+			
„ quellsauer . . .	+			
Kalium				
Chlorkalium	+	+	+	+
Kali	+	+		
Schwefelsaures Kali .	+	+	+	
Natronium				
Jod-Natronium . . .	+	+	+	+
Chlor-Natronium. bis	0,40 [1])	+	+	+
Brom-Natronium . .	+	+		
Schwefel-Natronium. .	+	+		
Natron	+	0,009		
„ schwefelsauer .	++	0,005	+	+
„ jodsauer . . .	+	. . .	+	
„ bromsauer . .	+	. . .	+	
„ unterkohlens. .	+	. . .	+	
„ unterschwefels. .	+	+		
„ kohlensauer . .	++	+	+	
„ doppeltkohlens.	++	+		
„ hydrothionsauer	+	+	+	
„ phosphorsauer	+	+		
„ quellsauer . .	+			
„ essigsauer . .	+	+	+	
Lithium				
Chlor-Lithium	+	+	+	
Lithon kohlensauer . .	+	+	+	
„ schwefelsauer . .	+	. . .	+	
„ salzsauer	+			
Strontian				
„ kohlensauer . .	+			
„ schwefelsauer .	+	+		
Calcium				
Chlor-Calcium . . .	+×	+	0,002	+
Fluor-Calcium. . . .	+	+		
Kalk unterkohlensauer .	+			
„ kohlensauer . . .	+	+	+	+
„ doppelt kohlensauer	+			
„ hydrothionsauer .	+	. . .	+	
„ schwefelsauer . .	+	+	+	+
„ phosphorsauer . .	+	+		
„ salzsauer	+	+	0,002	
„ salpetersauer . .	+			
Magnium				
Brom-Magnium . . .	+	+	. . .	+
Chlor-Magnium . . .	+×	+	0,0006	+
Bittererde unterkohlensauer	+			
„ kohlensauer . .	+	+	+	+

[1]) In den Salzsee'n der Krym; Göpel im Jahrb. *1839*, 328.

Aufgelöste Bestandtheile	in Quellen			im Meere
	überhaupt	in heißen von 30°—100°C	in kalten v. 0—28° C.	v. 0—28° C.
Bittererde doppelt kohlens.	+	. . .	. . .	+
„ schwefelsauer .	+	+	+	+
„ hydrothionsauer .	+	. . .	+	
„ salzsauer . . .	+	+	+	
„ salpetersauer . .	+			
„ schwefels. Hydrat	+	+		
Alumium				
Chlor-Alumium . . .	+	. . .	+	+
Alaunerde frei	+	. . .	+	
„ phosphorsauer	+	+	+	
„ salzsauer . .	+	. . .	+	
„ schwefelsauer	+	+		
Silicium				
Kieselerde [1])	+	+	+	
Thon-Silikat	+	. . .	+	
Eisen				
Kohlens. Eisen-Oxydul .	+	+	+	
2fach kohlens. Eisen-Oxydul	+			
Eisen-Oxyd . . .	+	0,0002	+	
Kohlens. „	+	+	+	
Persulphat	+	. . .	+	
Protosulphat	+	. . .	+	
kieselsauer	+	. . .	+	
salzsauer	+	+		
Mangan				
Kohlensaures Oxydul .	+	+	+	
2fach kohlensaur. Oxydul	+			
Mangan-Silikat . . .	+	. . .	+	

Organische Materien: kohlige, harzige, Extractivstoffe, Glairine, Baregine, Quellsäure (s. o.).

Vergl. insbesondere die Göbel'schen Zerlegungen der Salzwasser in der Kirgisen-Steppe [2]) die Torosiewicz'schen der Karpathischen Mineralquellen.[3]) Dann die in v. Leonhards Geologie u. Geognosie bei unserer Naturgeschichte S. 566—567 und 743—749 angeführten Zerlegungen.

c. Die Auflösung eines Stoffes im Wasser macht öfters auch einen andern darin löslich oder doch auflöslicher, als er es in reinem Wasser gewesen seyn würde. So sind in gewöhnlicher Temperatur nur 0,005, in Verbindung mit 0,43 Kochsalz aber 0,020 Gyps in Wasser auflöslich [4]). So machen schwefelsaures und salzsaures Kali auch den kohlensauren Kalk in Wasser auflöslich; heißes kohlensaures Kali macht Kieselerde und Kiesel-Hydrat in Wasser etwas auflöslich; heißes kohlensaures Natron thut es noch mehr; freie Kohlensäure macht den kohlensauren Kalk etwas mit Wasser verbindbar u. s. w.

[1]) S. Geologie S. 34. — [2]) Jahrb. *1839*, 328.

[3]) Jahrb. *1839*, 424. — [4]) Jahrb. *1830*, 420.

Zweites Buch.

Von der Bildung der ersten plutonischen Erd-Rinde bis zur jetzigen Zeit.

§. 63. Mit der Erstarrung der ersten Erd-Rinde aus feurig-flüssiger Auflösung bei einer Gluth-Temperatur trat bis zu ihrer jetzigen Abkühlungs-Stufe ein sehr abweichender Zustand der Dinge ein, indem dieselbe von nun an als beständige Scheidewand sich zwischen den feurig- und tropfbar-flüssigen Erd-Kern und die nasse und elastisch-, später aber ebenfalls tropfbar-flüssige Hülle einschob, und die unmittelbaren Wechsel-Wirkungen beider um so mehr von einander trennte, je dicker, stärker und undurchbrechlicher für beide sie allmählich wurde. Dagegen war sie selbst der ununterbrochenen Einwirkung beider ausgesetzt, indem die feurige Flüssigkeit oft von unten herandrängte, die Rinde sprengte, durch sie in die Höhe quoll, sich hier in Bergen und Kontinenten darüber erhob und darauf drückende Stücke der Kruste mit in die Höhe riß, dort zu Thälern und zu mächtigen Meeresbecken einsank, so die Oberfläche uneben machte und abwechselnd wieder stärker erhitzte, — während die elastisch- und tropfbar-flüssige Hülle sich immer weiter abkühlte, das Meer sich von den Höhen in die Vertiefungen zurückzog, endlich der Einfluß der Sonne, der Unterschied der Zonen und der Jahreszeiten fühlbar wurden, in deren Gefolge sich eine Menge atmosphärischer Bewegungen, Winde, Regen, Quellen, Flüsse, Meere, Eis einstellten, Ursachen neuer Zertrümmerung des Gesteins auf den Höhen, neuer Gesteins-Bildungen in den Tiefen und steter Ausebnung der von den plutonischen Kräften immer unebener gemachten Oberfläche. Mit der weiterschreitenden Abkühlung, mit dem Dickerwerden der Erd-Kruste nahmen die unterirdischen plutonischen Kräfte nothwendig ab; mit dem Unebnerwerden der Oberfläche, der Bildung mächtiger Gebirge und tiefer Meeres-Becken, der Verlängerung der Fluß-Betten durch dieselben, mit der Abkühlung der Atmosphäre, dem Auseinandertreten der Klimate und Jahreszeiten, der Zurückziehung des Meeres in geschlossene Becken nahmen die neptunischen Kräfte immer mehr zu. Jene atmosphärischen Veränderungen waren aber auch die Bedingungen des Beginnes organischen Lebens auf der Erde, und so gelangen wir zur

Betrachtung aller dieser Erscheinungen, zu einer Eintheilung dieses Buches in drei, chronologisch genommen, parallel **neben** einander fortziehende Abschnitte, deren Erscheinungen so manchfaltig in einander eingreifen, daß keine Anordnung derselben ohne viele Anticipationen möglich ist. Doch hat uns noch am zweckmäßigsten geschienen, mit der Betrachtung der neptunischen Kräfte zu beginnen, indem wir hinsichtlich der Ursachen ihrer Entstehung und fortschreitenden Ausbildung bis zu jetziger Form auf diese voranstehende kurze Darstellung verweisen, bis uns die Betrachtung der plutonischen Kräfte im nächsten Kapitel nähere Aufschlüsse darüber gewähren kann.

Erstes Kapitel: Die flüssige Erd-Hülle,

als geologische Kraft zur Fortbildung der Erd-Oberfläche [1]).

§. 64. Der Charakter der ältesten Niederschläge aus dem noch glühenden Weltmeere (**ur-neptunische Bildungen**) müßte aus dem der rein plutonischen und der rein neptunischen Gesteine zusammengesetzt seyn: sie müßten mit jenen die Art, die Unauflöslichkeit der Materie in kaltem Wasser und dabei wohl auch theilweise eine krystallinische Ausbildung, mit diesen die Schichtung gemein haben und durch ihre Lage zwischen beiden ihr Alter beurkunden. Von dieser Beschaffenheit findet man in der That die **krystallinischen Schiefer** Boué's (Lyell's metamorphische Gesteine): vielleicht manche deutlich geschichtete und regenerirte Granite und manche Gneiße, manche Glimmer-, Chlorit-, Talk- und Thon-Schiefer; dann auch Hornblende- und Diorit-Schiefer. Jedenfalls aber läßt sich nachweisen, daß wenigstens der größte Theil dieser Gesteine erst später aus neptunischen Bildungen umgewandelt worden sey (§. **103** ff.), und so kennen wir mit Bestimmtheit keine Niederschläge eines heißen Urmeeres.

a. Betrachtet man die genannten Gesteine (ihrer Schichtung ungeachtet) als rein plutonischen Ursprungs, so bleibt höchstens der sehr beschränkt vorkommende Petrefakten-freie (sogenannte Ur-) Thonschiefer übrig, daß man ihn als neptunisches Erzeugniß der langen Zeit-Periode von der Bildung

[1]) Manche geologische Andeutungen über diesen Gegenstand vergl. in v. Leonhard Geologie und Geognosie, als Theil dieser unser Naturgeschichte der drei Reiche, S. 555—657.

des ersten glühenden Weltmeeres bis zur Abkühlung der Erd-Oberfläche unter 100° C., wo organische Wesen entstehen konnten, ansehen dürfte; — betrachtet man sie aber als metamorphische Gesteine, so bleibt gar nichts.

b. Im Übrigen sind die Geologen darin einig, daß die Lagerung und sonstigen Beziehungen jener Gesteine zum Granite und Syenite so manchfaltig und oft so innig, und daß auch die Zusammensetzung mancher talkigen und chloritischen (Granite und) Gneiße wie ihre übrigen mineralogischen Eigenschaften so abweichend sind, daß man sie nicht wohl, weder alle als plutonische, noch alle als metamorphische Gesteine betrachten kann. Alle diese Gesteine erster Reihe hat man in Granit eingelagert und in ihn übergehend gesehen, und gewöhnlich lagern sie in genannter Folge auf einander, was bei der Metamorphosen-Theorie schwer zu erklären seyn dürfte. In genannter Folge entfernen sie sich auch hinsichtlich ihrer Mineral-Zusammensetzung vom Granite.

c. Was die Zusammensetzung der ersten Reihe dieser Gesteine betrifft, so verdient berücksichtigt zu werden, daß Feldspath und Quarz immer mehr verschwinden und der Glimmer immer mehr durch Chlorit und Talk verdrängt wird (Chlorit- und Talk-Schiefer sind nur mit Talkerde übermengter Glimmer); — welche, statt der 0,15 Wasser des ersten, 0,45 desselben enthalten; — in der zweiten Reihe ist die Hornblende vorherrschend, welche ohnehin weiter in die jüngere Zeit hereinzieht, auch in der Mischung mehr mit letztgenannten übereinstimmt.

d. Die Gesteine der zweiten Reihe gehen, obschon in ihrer Zusammensetzung abweichend, zu oft in die der ersten über, als daß man sie trennen könnte. Sie verhalten sich zum Syenit, wie diese zum Granit, welcher ebenfalls oft ganz gleichzeitig mit jenem ist (S. 94). So wechseln nach Cotta im Tribisch-Thale bei Meissen Hornblende- und Glimmer-Schiefer mit Granit und körnigem Kalkstein; geht Hornblende-Schiefer in Glimmer-Schiefer ohne Begrenzung über, durchbricht Granit lagerförmig den Hornblende-Schiefer [1]), — bilden nach v. Humboldt in den Cordilleren Gneiß und Glimmer-Schiefer nur eine Formation [2]), ist nach Russegger in den Salzburger Alpen Thonschiefer oft nur eine Varietät des Glimmerschiefers [3]) und sind nach Blöde bei Petersburg die lagerartig im Granit eingeschlossenen Gneiße, die Glimmer-, Thon- und Hornblende-Schiefer ganz gleichzeitig mit Granit [4]), u. s. w.

e. Das Urmeer konnte die chemischen Bestandtheile dieser Gesteine ganz wohl aufgelöst enthalten und wird sie dann als die minder auflöslichen auch zuerst abgesetzt haben. Sie konnten aber auch zum Theil durch die Bewegung dieses Urmeeres, welches noch kaum durch Winde bewegt wurde, welches noch an keinen Küsten brandete und noch keine groben Geschiebe durch Ströme zugeführt erhielt, von den rein plutonischen Ur-Gesteinen

[1]) Jahrb. *1834*, 430—432. — [2]) *Gisement des roches*, 147.
[3]) Jahrb. *1835*, 206. — [4]) Jahrb. *1836*, 197.

abgerieben und an ruhigeren Stellen, ohne gänzlichen Ausschluß chemischer Kräfte wieder gebunden worden seyn (Hermann betrachtet den Glimmer- und Thon-Schiefer als einen wieder zusammengebackenen Granit-Schlamm [1]). Endlich schlöße diese Ansicht eine Berührung von gleichzeitig gebildetem plutonischem Granit und neptunischem Glimmer-Schiefer u. s. w. nicht aus.

§. 65. Wie unbedeutend auch die **Atmosphäre** in ihrer jetzigen Beschaffenheit, d. h. in ihrer jetzigen Einfachheit und Abkühlung, als Hebel geologischer Thätigkeit anfangs erscheinen mag, so ist sie es in dieser Beschaffenheit doch allein, welche alle Pulse des geologischen wie des organischen Lebens auf der Oberfläche der Erde in Bewegung setzt. So lange sie daher diese Beschaffenheit noch nicht in dem jetzigen Grade besessen, war sie auch weniger dazu geeignet, war alle geologische Lebensthätigkeit schwächer und einseitiger. Von der ganzen Oberfläche der Erde, wie hauptsächlich der Gewässer, erheben sich Dünste unausgesetzt in dieselbe, um sich in Folge nächtlicher Abkühlung oder der Kälte in höheren Regionen oder kalter Strömungen oder elektrischer Prozesse als Thau, Regen und Schnee wieder niederzuschlagen, und durch diesen unausgesetzten Kreislauf einem Schöpfwerke gleich auch das trockene Land aus den Gewässern, die Berghöhen aus den Tiefen mit Feuchtigkeit zu versehen, für die trockene Jahreszeit durch im Winter angehäufte Vorräthe zu sorgen und so unausgesetzt die Adern der Erdrinde zu füllen, auf den Alpen-Höhen und in den Polar-Gegenden aber kühlende Schneewasser für die Hitze des Sommers zu sammeln und je nach der Richtung der Winde den Regen-bedingenden oder sonst wirksamen Witterungs-Wechsel auch in dieser Jahreszeit zu veranlassen oder selbst die Winde zu erregen. So werden die von Auflösungen bereits gesättigten Wasser, wie bei künstlichen Destillationen, durch die Verdunstung stets wieder davon befreit und zu neuer chemischer Thätigkeit fähig gemacht. Während die bewegte Luft in unmittelbarer oder mittelbarer mechanischer Einwirkung oft die Gesteins-Festen erschüttert, zerrüttelt und fortbewegt, ist die befeuchtete in chemischen Zersetzungen thätig. Während ein Theil der wässrigen Niederschläge durch Klüfte und Spalten des Gesteines in die heißen Tiefen der Erde hinabsinkt, um mit beträchtlichen Wärme-Mengen beladen die Wege und chemische Kraft zur

[1]) Jahrb. *1833*, 583.

Zernagung des Felsen-Gerippes der Erde zu finden und deren chemisch aufgelöste Bestandtheile bei seiner Wiederkehr und Erkaltung an der Oberfläche theils in starrer Form abzusetzen, theils aufs Neue in den Dunstkreis auszuhauchen, theils den Bächen zuzugesellen, hält sich ein anderer Theil jener eindringenden Massen näher an die Oberfläche, verbreitet sich auf den Schicht-Flächen der Gesteine und zerstört und bewegt in weiterem Herabsinken ganze Gebirgs-Massen. Die mechanisch zerstörende und fortschaffende Kraft des oberflächlich abrinnenden Theiles der Niederschläge auf den abschüssigen Höhen ist eben so allgemein und beträchtlich, als die mechanischen Bildungen derselben in den ebenen Niederungen sind, wo sie zur Ruhe kommen. Doch veranlassen sogar die meistens ruhenden See-Gewässer, indem sie von Sturm und Brandung aufgeregt werden, und die auf kalten Höhen erstarrten Eis-Massen im Herabgleiten ebenfalls beträchtliche Zerstörungen, obschon sie auf kleinere Räume und kürzere Zeiten beschränkt sind.

So ist die jetzige Atmosphäre der unversiegbare Quell, aus welchem jene Bewegungen zerstörender und bildender Art hervorgehen; Verdunstung und Niederschlag in ihr, ein von dem Wärme-Wechsel veranlaßter chemischer Prozeß, ist die Ursache einer Menge sekundärer, tertiärer .... chemischer Thätigkeiten und all' der mechanischen Kräfte, welche die Erd-Oberfläche täglich in Bewegung setzen; — und es bleibt uns nur übrig, die Art, die Bedeutung und Ausdehnungen im Einzelnen näher zu betrachten, indem wir dabei stets im Auge behalten, daß sie von der Erstarrung der ersten Erdrinde an bis jetzt in steter Zunahme der Stärke und Manchfaltigkeit begriffen, nach einer früher aufgestellten Berechnung wohl schon Millionen Jahre (S. 81) in Thätigkeit sind, und bei ihrer zuweilen unbeträchtlich scheinenden Stärke binnen dieser unermeßlichen Zeit auch Unermeßliches zu leisten vermogten.

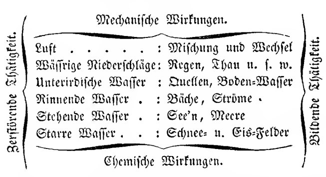
Von dem Verhältnisse der Verdunstung aus dem Meere zur Zufuhr der Flüsse nach dem Meere hängt nun auch dessen Höhe und Ausdehnung ab, welches bei dem Weltmeere beständige Verhältnisse sind. Dieß hindert indessen nicht, daß für andere abgeschlossene Meeres-Becken von gleich tiefer Lage das Verhältniß ein anderes seye; oder vielmehr: diese haben mit dem ersten gar keine Beziehung, und ihr Spiegel kann sich viel höher oder tiefer stellen, als der des

Ozeans. Dieß wird um so leichter geschehen, je kleiner das abgeschlossene Meer, je zufälliger mithin bei ihm das Verhältniß von Zufuhr zu Verdünstung ist, und in einem je extremeren Klima es sich befindet; aber um so unbeständiger wird auch sein Spiegel seyn, da er in Folge mehrer sehr trockener und sehr nasser Jahre steigen und fallen muß.

Wir werden zuerst die Gebirgs-Bildungen als Massen im Großen, dann die Mineralbildungen im Einzelnen, wie sie durch atmosphärische Kräfte bewirkt werden, betrachten, wobei wir nämlich unter dem Ausdrucke Bildung auch die Zerstörung früher vorhandener Gebirge und Mineralien mit einschließen, in so ferne diese eine Bedingniß, eine erste Stufe der Bildung neuer ist.

A. Bildung von Gebirgs-Arten.

§. 66. Die wichtigsten einzelnen **atmosphärischen** oder, nach der gewöhnlichen Bezeichnung, **neptunischen Kräfte** im weiten Sinne des Wortes sind folgende:



So lange als die Bestandtheile der flüssigen Erd-Hülle noch in ihnen gelöste Stoffe abzusetzen hatten, deren Niederschlag jetzt beendigt ist, konnten sie auf eine mehr selbstständige Weise bildend wirken. Diese Zeit ist aber längst vorüber, und das Wenige, was wir darüber vermuthen können, findet sich im vorigen Paragraphen angedeutet. — Später aber mußten diese Bestandtheile, um abgeben zu können, sich erst aneignen, — um zu bilden, erst zerstören. Ihre zerstörende Thätigkeit war dann natürlich jederzeit auf die bereits vorhandenen Felsarten gerichtet, zuerst auf die ur-plutonischen und ur-neptunischen, dann auf die späteren plutonischen, vulkanischen und wieder auf die neptunischen selbst, im Verhältnisse, als solche allmählich zum Vorschein gekommen waren.

a. Zerstörende Thätigkeit neptunischer Kräfte.

1. Die Atmosphäre [1]).

§. 67. Die mechanischen **Zerstörungen** der **Atmosphäre** beschränken sich auf die Erschütterung gewöhnlich ihrer festen Unterlage schon beraubter Felsmassen bei Stürmen; auf die Fortbewegung des vom Meere ausgeworfenen Flugsandes über bereits abgetrocknete Land-Flächen und bis in deren Vertiefungen, und die der **Windhosen** auf die Fortführung nicht allzuschwerer Stoffe in oft große Entfernung. **Zerstörungen gemischter Art** erfolgen durch abwechselnde Ausdehnung und Zusammenziehung der Gesteine durch Wärme und Kälte, durch Trockne und Nässe, welch' letzte Wirkungsweise vorzüglich bei solchen Felsarten beträchtlich ist, deren verschiedenen Bestandtheile eine ungleiche Anziehung gegen das Wasser besitzen. Diese Erscheinungen erfolgen, wenn auch unmerklich, doch unausgesetzt auf allen Punkten der Gesteins-Oberflächen. Rein **chemische Zerstörungen** hauptsächlich durch eine feuchte Atmosphäre pflegen sich nur an oder vermittelst gewisser Metall-Stoffe zu äußern, welche durch andere Kräfte erst neuerlich ihrem Einflusse ausgesetzt sind. Übrigens sind dieselben gewöhnlich galvanischer Art (vergl. §. 94, II).

b. Im J. 1815 veranlaßte nach de la Beche ein Orkan auf Jamaica viele Bergstürze und bildete Felsklippen [2]).

c. Gesteine, welche der, räumlich geringen, aber der Kraft nach unermeßlichen, abwechselnden Ausdehnung und Zusammenziehung durch Wärme ausgesetzt sind, müssen, da solches nur an unbedeckten Stellen und ganz oberflächlich stattfinden kann, allmählich ihren Zusammenhang mit bedeckten und tiefer liegenden Theilen einbüßen, und so in ihrer Masse sich lockeren. Die räumliche Größe dieser Wirkung kann man aus §. 45 ersehen. Es kann eine der Sonne ausgesetzte Stelle gewöhnlicher Garten-Erde in der wärmsten Jahreszeit um 30° C. [3]), und die eines Steines um noch mehr, wärmer als eine beschattete Stelle seyn. — Besteht eine Felsart aus solchen Mineralien, welche sich wegen verschiedener Dichte, Glätte und Farbe der Oberfläche und verschiedener Feuchtigkeit ungleich stark erwärmen, so wird jene Wirkung noch vergrößert. Denn nach Schübler's Versuchen mit den verschiedenen Erd-Arten, welche im Ackerboden vorkommen, kann im nämlichen Sonnenlicht die Erwärmung verschiedener Erd-Arten um 3° C., wie die einer Erd-Art in nassem und trockenem Zustande

---

1) Vergl. v. Leonhards Geologie und Geognosie, S. 616.
2) Jahrb. *1832*, 340.
3) Schübler's Agricultur-Chemie, S. 91.

regelmäßig um 5°—6°, und der nämlichen bei weißer und schwarzer Oberfläche ebenfalls um 5°—6° C. verschieden seyn [1]).

d. Gesteine, welche einer abwechselnden Nässe und Austrocknung ausgesetzt sind, werden hiedurch ebenfalls ausgedehnt, zusammengezogen und gelockert. Nach Schübler's Versuchen kann diese Linear-Zusammenziehung eines Zoll-großen Würfels ganz durchnäßter Erde bis zum vollkommenen Lufttrockenwerden betragen

bei sandiger Letten-artiger Thonerde	=	fast 0,040
„ nur 0,1 Sand haltender „	=	0,050
„ grauer reiner Thonerde	=	0,055
„ kohlensaurer Bittererde	=	etwas weniger
„ schiefrigem Mergel	=	0,045.

Ist aber die Zusammensetzung nach einer oder zwei Richtungen gehindert, so wird sie natürlich in den andern beträchtlicher seyn.

e. Schwankt endlich die Temperatur eines von Wasser durchdrungenen Gesteins über den Gefrierpunkt auf und ab, gefriert das in ihm enthaltene Wasser wechselweise und thaut wieder auf, so vermehrt und vermindert dasselbe eben so oft sein Volumen um $\frac{1}{8}$ mit der ungeheuersten Gewalt. Wo es größere Fels-Risse und -Löcher ausfüllt, da sprengt es, wie bei gewöhnlicher Steinbruch-Arbeit zu geschehen pflegt, Felsmassen in kleinere Blöcke auseinander; wo es aber zwischen die einzelnen Körnchen und Krystall-Blättchen der Gesteine seinen Weg findet, bewirkt es allmählich deren Zerfallen in ganzer Masse.

Nach Turner leiden der Sandstein der Edinburger Gegend wenig, die porösen Oolithe aber, woraus das Oxforder Collegien-Gebäude aufgeführt ist, sehr durch Kälte [2]). Der Heidelberger rothe Sandstein pflegt sehr dauerhaft zu seyn, während die aus Keuper-Sandstein gefertigten Skulpturen am Schlosse sehr angegriffen sind. Die aus erstem seit 50 Jahren aufgeführten Pfeiler der Neckarbrücke haben von Kälte anscheinend noch nicht gelitten, die einer 8 Stunden davon aus Keuper-Sandsteinen erbauten Pfeiler einer Elsenz-Brücke in ebenfalls 50 Jahren von 1782—1832 in der Nähe des Wasserspiegels schon 4" (jährlich 0'''8 Bad.) an der Dicke, ringsum eingebüßt. Doch enthält auch der rothe Sandstein in der Nähe des Granites effloreszirende Schichten, welche binnen zwei Jahren durch Frost ganz in Sand zerfallen [3]).

2. Regen und Thau [4]).

§. 68. Die chemisch auflösende und zerstörende Kraft des reinen Wassers in Beziehung auf vorhandene Gesteine ist überhaupt äußerst beschränkt. — Die unmittelbaren mechanischen Zerstörungen

---

[1]) Schübler's Agricultur-Chemie, S. 89.
[2]) Jahrb. *1835*, 693. — [3]) Bronn's Geä, Heidelb.
[4]) Wegen mannichfacher Verhältnisse verweisen wir auf Dasjenige, was bereits in Geologie und Geognosie S. 572—574 gesagt ist.

der atmosphärischen Niederschläge kommen ebenfalls nicht in Betracht. Doch verdienen dieselben mittelbar in so ferne nähere Berücksichtigung, als sie alle Punkte der Erd-Oberfläche berühren und sie, indem sie entweder oberflächlich, vorzüglich heftig nach anhaltenden Regen oder nach Wolkenbrüchen, in der Richtung des stärksten Falles nach den vorhandenen Bachbetten strömen, in ihrem Laufe die Oberfläche durchfurchen, die losen Theile mit fortführen, die Bäche und Flüsse nähren, und die durch die Verdunstung fortdauernd entstehenden Abgänge der See'n und Meere ersetzen, — oder sie, indem sie in den Boden eindringen, sich mit **Kohlensäure** schwängern und in großen Tiefen oft sich mit **Wärme** beladen, hiedurch an auflösender Kraft gewinnen und die Veranlassung zur Entstehung von **Erdfällen** und, wenn sie an tiefern Stellen der Erd-Oberfläche wieder zum Vorschein kommen, zur Bildung vieler zeitweisen oder beständigen **Sickerwasser** und **süßer, mineralischer und heißer Quellen** werden, — oder indem sie erstarrt die Anhäufung der ewigen Schnee- und Eis-Massen veranlassen, wovon in nachfolgenden §§. die Rede ist.

b. Das **reine Wasser** vermag nur das Steinsalz und etwas Gyps, dann einige andere äußerst dürftig vorkommende, meistens sehr jugendliche Salz-Gebilde aufzulösen. Von Steinsalz kann es bei gewöhnlicher Temperatur bis 0,36, aber wenn andre Salze ihm noch beigemengt sind bis 0,42 und darüber aufnehmen. Andre als Steinsalz-Quellen enthalten selten bis 0,03 Salztheile. Vergl. §. 62, b. — An kohlensaure Talkerde (Magnesit) löst das Wasser 0,02, von kohlensaure Kalkerde kaum eine Spur auf. Die übrige auflösende Thätigkeit des Wassers pflegt galvanischer Art zu seyn.

c. Da sich die schwere **Kohlensäure-Luft** ohnehin in ruhigen Vertiefungen des Bodens am meisten ansammelt, sie auch in Dammerde-Boden fortwährend aus zersetzten organischen Resten entwickelt wird, so ergibt sich, warum das **Quellwasser etwas reicher an Kohlensäure** zu seyn pflegt, als anderes. Durch diesen Gehalt kann dasselbe auch etwa 1 Procent kohlensaure Kalkerde auflösen, die sich daher im Quell- und Boden-Wasser am häufigsten, weniger in Fluß- und See-Wasser findet.

d. Regenwasser, welches an der **Erdoberfläche** in der Richtung des stärksten Falles die geregelten Rinnsäle der Gewässer zu erreichen sucht, und auf diesem Wege zur Zeit eines reichlichern Ergusses, wie bei Platzregen und Wolkenbrüchen, eine Menge loser und nicht verhältnißmäßig unterstützter Materialien antrifft, reißt solche reibend und zertrümmernd mit sich fort, und erscheint auf diese Weise als eine nur zeitweise wirkende, aber dann sehr allgemein verbreitete Kraft. Die **Böschungen**, welche erdige und steinige Materialien unter dem Einflusse der atmosphärischen Niederschläge

annehmen (talus d'éboulement, **Einsturz-Böschungen**) sind nach Leblanc, zufolge vieler Messungen bis von 400m Höhe in Jura und Vogesen, sehr beständig von 70' Höhe auf 100' Basis (= 35°). Nur Mergel-Gelände halten zuweilen, wohl in Folge späteren Zusammensinkens, 65' Höhe auf 100' Fuß Basis. Die Neigungs-Linie ist in der ganzen Höhe gerade und verflächt sich nur am Fuße etwas gegen die Ebene. Leblanc unterscheidet jedoch noch eine andere Böschung unter dem Namen talus d'épanchement, worunter er vielleicht unter dem Einflusse strömender Wasser jedoch in der Luft entstandene versteht; sie haben nur 50' Höhe auf 100' Basis (etwa 27°) [1]. — Wie furchtbar oft die mechanischen Wirkungen seyn können, das hat wohl Jeder selbst schon beobachtet. Noch außergewöhnlichere Erscheinungen dieser Art findet man beschrieben im Jahrbuch [2].

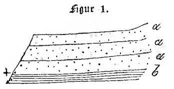
e. Ein Theil der Regen- und Thau-Niederschläge verdunstet wieder.

f. Wenn man die Menge der Niederschläge innerhalb eines Strom-Gebietes mit der Wasser-Menge vergleicht, welche im Strome abfließt und verdunstet (d, e) so ergibt sich oft noch ein großer Überschuß der ersten (über dem Meere umgekehrt), welcher daher seinen Weg in's Innere der Erde genommen haben muß, um auf diese Weise unmittelbar oder mittelbar auf vorgefundenen oder durch allmähliche Auflösung ausgeweiteten **unterirdischen Wegen** dem Meere zuzufließen. Mit Steinbruchbau und Bohr-Versuchen hat man nicht selten sehr beträchtliche unterirdische Ströme erreicht, auch ihren Zusammenhang mit dem Meere zuweilen verfolgen können. Sie erklären das Emporsprudeln von **Süßwasser-Quellen** (da dieses leichter als Salzwasser) **mitten im Meere**, wie es z. B. im Ostindischen Ozean häufig ist, und den größeren Wasser-Reichthum einiger zu Noailles-sur-mer, Somme, um Abbeville und zu Fulham an der Themse erbohrten Süßwasser-Quellen zur Fluth-Zeit [3]. Nach Mariotte's Berechnung führte das Seine-Becken nur $\frac{1}{6}$ der atmosphärischen Niederschläge offen zum Meere; $\frac{5}{6}$ verdünsteten oder flößen unterirdisch ab. Nach des Ingenieurs Dausse genaueren Angaben aber enthält das Seine-Becken oberhalb Paris 10.307.000 Acres, hat sein jährlicher Regenfall 20'' Höhe, beträgt mithin 677.000.000.000 Kubikfuß, wovon nur 234.585.140.000 (im Mittel 7.537 Kubikfuß, in Extremen 41.000 Kubikfuß und 2.000 Kubikfuß in der Sekunde) oder ein Drittheil des Ganzen unter dem Pont de la Revolution abfließt, so daß $\frac{2}{3}$ verdunsten und versinken [4].

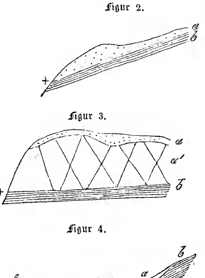
g. Das Regenwasser dringt in den Boden ein: 1) durch langsames **Einsickern**, wo die Boden-Schichten erdig, sandig und selbst Sandsteinartig, oder mergelig sind, während thonige Schichten solches um so weniger durchlassen, je weniger Sand sie beigemengt enthalten, und obschon man überhaupt selbst nach anhaltendem Regen den Ackerboden gewöhnlich kaum 4''—6'' tief merklich durchfeuchtet findet. Dieses Wasser sammelt sich erst

[1] Jahrb. *1839*, 483. — [2] *1834*, 731; *1836*, 500 ff.
[3] Jahrb. *1836*, 95. — [4] Jahrb. *1836*, 91.

in der Tiefe allmählich in bemerkliche Adern; hauptsächlich wenn es bis auf eine undurchlassende Schicht b niedergesunken ist, über welcher es nun



Figur 1.



Figur 2.

Figur 3.

Figur 4.

sich einen Ausweg sucht (Fig. 1, 2). Oder 2) durch Einfließen in offene oder nur mit lockeren Materialien erfüllte Felsspalten (Fig. 3), in deren Tiefe es sich dann ebenfalls mehr zu sammeln pflegt. Auf diese Weise kommt es an den Bergseiten (bei ++) als **Sickerwasser und Quelle** wieder zum Vorschein. Oft gelangt es so, ohne einen Ausweg finden zu können, in eine sandige, Wasser-leitende Schichte (Fig. 4 a d), welche zwischen zwei undurchlassenden (b und c) eingeschlossen ist und sich nach einer Seite hin senkt, aus deren Tiefe es dann, wenn man ihm durch ein Bohrloch (d e) einen Ausweg öffnet, wieder eben so hoch emporsteigen kann, als es in ihr herabgesunken ist (bis f), wodurch die **Bohrbrunnen** und, wenn sie überfließen, die **Bohrquellen** oder **artesischen Brunnen** (nach der Grafschaft Artois benannt) entstehen. Zu St. Ouen hat man 5, zu Dieppe 7 getrennte Wasserführende Gesteins-Schichten unter einander erbohrt.

Indessen könnten nach der Lokal-Beschaffenheit und dem Neigungs-Grade der Wasser-führenden Schichten in Artois die hochaufsteigenden Brunnen nur durch einen 40 — 80, ja 300 Franz. Meilen langen Einfüllungs-Schenkel (a d) bis zur Höhe ihres wirklichen Ansteigens emporgetrieben werden; wie im indischen Meere Süßwasser-Quellen 20 Deutsche Meilen weit von der nächsten Küste emporquellen [1]). — — Daß indessen das Regenwasser unmittelbar (nicht die Flüsse u. s. w.) wenigstens oft die Quellen nähre, geht aus der Beobachtung hervor, daß in regnerischen Zeiten die Quellen

[1]) Arago im Jahrb. *1836*, 94.

überall stärker werden, daß sie in der Tiefe englischer Gruben-Werke schon 24 Stunden nach dem Regenfalle wachsen, daß die Bohrquelle zu **Nimes** binnen wenigen Stunden 3mal so viel Wasser als sonst gibt, wenn es 2—3 Stunden weit im NW. von der Stadt stark geregnet hat [1]).

h. Das Hervorbringen einer Quelle am Abhange eines Berges oder in der Ebene setzt also nach dieser gewöhnlichen Theorie immer wieder einen höhern Einseihungs-Punkt voraus, von welchem aus es sich entweder unmittelbar bis zur Stelle seines Hervorquellens herabsenkt, oder wie in einem zweiarmigen Heber in die Tiefen hinabdringt und durch den hydrostatischen Druck im abwärts führenden Arm wieder in dem aufwärts führenden zu gleicher Höhe emporgetrieben wird. Doch gibt es einige Quellen auf Berg-Gipfeln, auf den völlig flachen Korallen-Inseln und mitten im Meere weit von allem Lande, wo diese Theorie kaum zu genügen scheint.

i. Die Gewässer, welche längere Zeit im Boden verweilen, ehe sie als Quellen wiedererscheinen, nehmen die Temperatur desselben an. Ist diese im Laufe des Jahres nicht merkbar veränderlich, so ist dieses ein Zeichen, daß sie in gemäßigten Gegenden aus wenigstens 60′ — 70′ Tiefe kommen, wo der Wechsel der Jahres-Witterung nicht mehr empfunden wird. Kalte Quellen, doch von etwas veränderlicher Temperatur, geben daher die mittle Jahres-Temperatur der Gegend ziemlich richtig an.

k. Haben solche Quellen in ihrem unterirdischen Laufe noch tiefere und wärmere Erd-Schichten erreicht, so nehmen sie selbst deren Wärme an, vermehren hiedurch ihre auflösende Kraft, theilen sie allmählich den Wandungen der von ihnen durchströmten Kanäle in den schlecht leitenden Gesteinen ebenfalls mit und kommen dann oft an der Erd-Oberfläche als **warme Quellen** wieder zum Vorschein, ohne einen beträchtlichen Verlust an Wärme während ihres Rückweges erlitten zu haben, so daß man an ihren Wärme-Graden nach §. 47 g die Tiefe, aus welcher sie kommen, ungefähr bemessen könnte, wenn nicht auf die ihnen beim Hervorquellen verbliebene Wärme die Länge des aufsteigenden Weges, die Wärme-Leitungs-Fähigkeit der verschiedenen Gesteine, die Temperatur der oberflächlichen Erd-Schichten, die Zumengung kälteren Wassers im Boden u. s. w. einen manchfaltigen Einfluß geübt hätten. Inzwischen kann ihre Wärme doch immer ein Minimum für die Tiefe ihres Weges angeben. Manche haben offenbar eine höhere Temperatur, als von 100° C., verlieren solche aber im Augenblicke ihres Erscheinens an der Oberfläche, indem der Überschuß jener Wärme, so wie der Druck der höheren Wasser-Säule aufhört, das Wasser in Dampf verwandelt. Sie kommen also wenigstens aus 10.000′ Tiefe.

Im unteren Theile der Stadt **Paderborn** allein findet man 130 Quellen, deren Temperatur von 9° bis 16° C. verschieden ist, kalte und warme, süße und salzige wenige Schritte von einander entfernt.

l. Wenn man berücksichtigt, welche Menge Wassers manche Erd-Schichten, auch wenn es daraus abzufließen oder abzusickern nicht gehindert ist,

---

[1]) Arago, Jahrb. *1836*, 90, 94.

in sich aufnehmen können, wie langsam sie solches wieder verdunsten lassen, wie fest sie insbesondere die letzten Wasser-Theile halten, wie wenig die Sonnen-Wärme im Innern des Bodens und vielleicht unter größrem Druck gesättigter Luft auf die Verdunstung des Wassers darauf wirken kann, und welche Menge von Feuchtigkeit manche Erden an ihrer Oberfläche aus der Luft durch bloße Anziehung sich immer wieder anzueignen vermögen, endlich, wenn man beachtet, daß alle erdigen, schieferigen und körnigen Felsarten und in geringerem Grade wohl auch die dichten Kalke für langsam durchsickerndes Wasser durchdringbar sind, aber eben hiedurch es lange nach dem Regen im Schooße der Erde zurückhalten, so wird man die Unversiegbarkeit vieler Quellen auch während langer Trockne begreifen, besonders da, wo sie ihre Zuflüsse von kühleren Berghöhen erhalten können. Wir entlehnen folgende Tabelle aus Schübler's Agrikultur-Chemie [1]), wobei wir jedoch bemerken müssen, daß diese Versuche nur für den alleroberflächlichsten Theil der Erd-Schichten von wenigen Linien Tiefe gültig sind.

Erd-Arten.	Wasseranziehende Kraft.				Wasserfassende Kraft.		Wasseranhaltende Kraft.		
	1000 Gran bei 62° C. lufttrocken gemachte Erde in 50 □'' Fläche ausgebreitet, absorbiren bei 18° C. aus feuchter Luft an Gewichts-Prozenten. Grane Feuchtigkeit binnen Stunden				400 Gran lufttrock. Erde nehmen an aufgegossenem Wasser auf, ohne etwas davon abtropfen zu lassen		200 Gran trockener u. dann auf vorige Art gesättigter Erden auf 10 □'' ausgebreitet verdünsteten bei 18° C. von ihrem Wasser 0,90 binnen		und binnen 4 Stunden.
	12	24	48	72	(an Gewichts-Prozenten.	an Volumen-Prozenten.)	Stunden.	Minuten.	
Quarzsand	0	0	0	0	25	38	4	4	88,4
Kalksand	0,2	0,3	0,3	0,3	29	44	4	44	75,9
Gypserde	0,1	0,1	0,1	0,1	27	38	5	1	71,7
Feine Kalkerde (künstl.)	2,6	3,1	3,5	3,5	85	66	12	51	28,0
Feine Bittererde (künstl.)	6,9	7,6	8,0	8,2	256	76	33	20	10,8
Lettenartiger Thon	2,1	2,6	2,8	2,8	40	51	6	55	52,0
Lehmartiger Thon	2,5	3,0	3,4	3,5	50	57	7	52	45,7
Klayartiger Thon	3,0	3,6	4,0	4,1	61	63	10	19	34,9
Reiner grauer Thon	3,7	4,2	4,8	4,9	70	66	11	17	31,9
Weißer, Pfeifenerde	.	.	. .	. .	87	66			
Humus (künstl.)	8,0	9,7	11,0	12,0	181	70	17	33	20,5
Ackererde	1,6	2,2	2,3	2,3	52	57	11	15	32,0
Schiefriger Keuper-Mergel	2,4	2,9	3,2	3,3	34	50	5	53	68,0

3. Boden-Wasser und Quellen [2]).

§. 69. Wie das **Sicker-Wasser**, oft auch **Druck-Wasser** genannt, und die **Quellen** entstehen, ist im vorigen §. angegeben. Sie unterhalten einen feuchten Zustand der Gesteine, sie führen im

[1]) S. 65 ff.

[2]) Zunächst ist zu vergleichen „Geologie und Geognosie", S. 574 — 580, S. 638—643, (Mineral-Quellen) 737—749.

Aufsteigen die höhere Temperatur des Erd-Innern den oberflächlicheren Schichten zu, und befördern die Abkühlung der Erde. Was ihre zerstörenden Wirkungen betrifft, so ist hauptsächlich anzuführen: die chemisch auflösende Kraft kalter, heißer und säuerlicher Quellen, die hiedurch allmählich bewirkten Aushöhlungen und Auswaschungen im Innern der Erde, die nachfolgenden Einstürze im Innern, welche vielleicht oft **örtliche Erdbeben** verursachen, wie **Erdfälle** und Senkungen der Oberfläche; dann die mechanische Thätigkeit der überall verbreiteten Druck-Wasser, und die auch von ihnen bewirkten **Erd-Schlüpfe** und **Bergfälle**, die Fortschwemmungen beim endlichen Durchbruche lange zurückgehaltener Wasser dieser Art. In den Ebenen findet man fast überall im Boden, im Niveau der Fluß-Spiegel oder wenigstens in dem des Meeres das sogenannte **Horizontal-Wasser** verbreitet.

b. Die chemischen Zerstörungen unterirdisch verrinnender Fäden reinen Wassers beschränken sich (§. 68 b) hauptsächlich auf die allmähliche Auflösung ganzer Steinsalz-Lager, deren Mächtigkeit bis über 100′ steigen und deren Erstreckung mehre Quadrat-Meilen betragen kann, deren Zerstörung in der Nähe ihres Ausgehenden die allmähliche Senkung der aufliegenden Schichten, — wenn sie aber in der Mitte der Lager stattfindet, wo jene eine Zeit lang als nicht unterstütztes Gewölbe sich erhalten können, das endlich plötzliche Zusammenbrechen jener Gewölbe, abgeschlossene Einsenkungen auch an der Oberfläche, wenn solche nicht zu weit entfernt ist, Bebungen u. s. w. veranlaßt. Ereignisse der Art haben bereits die erst seit wenigen Jahren künstlich gebohrten Sool-Quellen auf dem Schwarzwalde veranlaßt. — Dem Steinsalz pflegen andere Salze beigemengt zu seyn, die sich auch in den Auflösungen wieder vorfinden (**Soolquellen, Salzquellen**). Man findet sie mit dem verschiedensten Gehalte bis zu vollständiger Sättigung (§. 68 b). — Weit langsamer ist die Wirkung auf Gyps-Lager und Dolomite. — Auch sind mechanische Zerstörungen durch solche Wasser denkbar, wenn sie bereits weite und gegen Tag abwärts führende Kanäle sich gebildet haben. Necker leitet in einzelner Entwickelung von solchen Auswaschungen manche **örtliche Erdbeben** ab [1].

Becquerel führt ein Beispiel an, wo die auflösende Kraft des Wassers durch „Kontakt" vermehrt wird. Zu Barre bei St. Yrieix liegen Nester blätterigen Dolomits im Gneiße und sind an den Stellen des Kontakts mit letztem körnig, zerreiblich, zellig, wie vom Wasser durchnagt geworden, viele Tremolith-Krystalle treten hiedurch freier hervor; in dem zerfressenen Dolomit waltet die kohlensaure Kalkerde mehr als gewöhnlich vor, indem das Wasser mit durch den Kontakt erhöhter Kraft die kohlensaure Talkerde vorzugsweise aufgelöst und fortgeführt hat [2].

[1]) Jahrb. *1840*, 111 ff. — [2]) Jahrb. *1835*, 480.

c. Reines Wasser nimmt aus dem mit ihm in Berührung kommenden Gesteine, wenn es Eisen- und Kupfer-Kies, Alaun und Magnesia enthält, schwefelsaures Eisen- und Kupfer-Oxydul (-Vitriol), schwefelsaure Alaun- und Talk-Erde auf.

d. Ähnliche Fäden **kohlensäuerlichen Wassers** werden sich (§. 68 c) beschränken, im Kalk-, Dolomit- und Mergel-Gebirge die Gesteins-Flächen anzugreifen und die Klüfte, in welchen sie versinken, auszuweiten; diese Abnutzung der Gesteins-Widerlagen kann leicht Senkungen und **Verschiebungen** der in den Klüften an einander stoßenden Felsmassen (**Rücken, Wechsel**) zur Folge haben, ohne daß jedoch alle so zu erklären sind. Dabei kömmt ihnen im Dolomit-Gebirge die wahrscheinlich größere Auflöslichkeit des Dolomites, der Verbindung aus kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Talkerde, die senkrechte Zerklüftung desselben, der oft geringe Zusammenhalt der krystallinischen Theile noch besonders zu Statten. Sie veranlassen somit die Bildung und Ausweitung von **Höhlen** (so ferne solche nicht schon dem Dolomite mit seiner Entstehung eigen sind), die Verschiebung der Gesteins-Massen an einander nach Erweiterung der Klüfte, Senkungen, Hebungen u. s. w. Fortdauernde Beweise dieser Art Thätigkeit findet man hauptsächlich in den **Stalaktiten-Höhlen**, wo die auflösenden Sickerwasser, indem sie verdunsten, zuerst den kohlensauren Kalk als **Arragonit** (immer?) wieder absetzen und so die Stalaktiten bilden, während die abrinnenden Wasser-Theile zweifelsohne die löslichere kohlensaure Talkerde vorzugsweise mit fortführen. Denkt man sich ein solches Dolomit-Gebirge allmählich immer höher über das Meer emporgehoben, so wird das Gefälle des in ihm verrinnenden Wassers mittelbar oder unmittelbar vergrößert, es schneidet bald wieder tiefer in's Gebirge ein, verläßt die oberen Höhlen, durch welche es einst zu Bächen vereinigt hindurchströmte, und erklärt so manche Erscheinungen, welche besonders in **Knochenhöhlen** beobachtet worden sind. Daher zum Theil die häufigen Höhlen mit ihren Erscheinungen in Kalk- und zumal in Dolomit-Gebirgen (F r a n k e n u. s. w.); daher auch zumal die **kesselartigen Einsenkungen** ihrer Oberfläche (auf dem K a r s t bei T r i e s t u. s. w.).

e. Kohlensäure-haltiges kaltes Wasser kann auch Kieselerde und andre Erden und Metalloxyde auflösen [1]).

f. Indessen findet das kalte Wasser in der Oberfläche des Bodens oft Gelegenheit, außer der Kohlensäure auch noch andere Säuren organischen Ursprungs, wie Phosphorsäure, Essigsäure, Humussäure aufzunehmen, ohne einen weitern Weg im Innern der Erde zu durchlaufen, und mit deren Hülfe hauptsächlich in Moorgründen und Morästen gewisse Mineral-Stoffe, insbesondre Eisen aufzulösen und so manche **Mineral-Wasser** und **Mineral-Quellen**, zumal **Stahl-Quellen** zu bilden.

g. Durch die Erwärmung sowohl als den erhöhten Druck, oft wohl auch durch Hinzutreten freier Säuren in den Tiefen der Erde, wovon zum Theil erst im zweiten Kapitel die Rede seyn kann, muß die auflösende

[1]) B e c q u e r e l, *Bibl. univers. 1836*, B, I, 202.

Kraft der Wasser-Adern von der unter b und c bezeichneten Beschaffenheit in der Tiefe sehr gesteigert werden. Es entstehen auf diese Weise die **warmen (Thermen)** und die meisten **Mineral-Quellen.** Welche Stoffe sie alle, außer den schon in diesem §. genannten, in sich aufnehmen, findet man in der Tabelle §. 62 angegeben. Doch steigt ihr Gehalt nicht leicht über 0,03, die Soolquellen ausgenommen. Man ersieht aber aus der Art der aufgelösten Stoffe in jener Tabelle, daß es keine Felsart mehr gibt, welche vor den Angriffen eines solchen Wassers sicher wäre: selbst die Quarz-Gesteine müssen ihnen erliegen. Wir lassen hier einige Ansichten folgen über den Auflösungs-Prozeß der Quellen. — Longchamp sucht die Bestandtheile der Quellen in den Pyrenäen, wo er deren 150 untersucht hatte, in Übereinstimmung mit Davy's Hypothese von dem noch nicht oxydirten Zustande des Erd-Kernes (S. 72) so zu erklären: 1) das **Chlornatronium** und **Schwefelnatronium** (0,07—0,09) der Quellen sind aus den Bestandtheilen des Erd-Kernes unmittelbar aufgenommen, 2) der mit dem Regenwasser bis zu ihm eingedrungene atmosphärische Sauerstoff verwandelt einen Theil jenes letzten in **schwefelsaures Natron** (0,05); unterschwefelige Säure konnte sich unter dem Drucke von 40 — 50 Atmosphären neben der vorigen nicht mehr bilden; 3) nach Bindung des freien Sauerstoffgases kehrt nur das **Stickgas** der Atmosphäre ohne alle Spur des ersten wieder frei zur Oberfläche zurück; das Regenwasser pflegt in seinem Luftgehalte 0,0185 Stickstoff mit sich zu führen, diese Quellen nur 0,087 oder die Hälfte; 4) die freien Salzbasen der Quellen, **Natron, Kali, Kalk-** und **Talk-Erde** (0,002) könnten in metallischem Zustande vereinigt mit **Schwefel**, den man ebenfalls sich entwickeln sieht, im Innern vorhanden gewesen seyn; 5) die freie **Kieselerde** (0,06) wäre durch das Wasser aus Schwefel-Silizium oder Silizium-Metall geschieden worden; 6) ein Theil des oxydirenden Sauerstoffs rührte auch noch von Zersetzung des Wassers her, dessen Wasserstoff zur Bildung von **Ammoniak** und **Baregine** (die jedoch wahrscheinlich in Conferven besteht) verwendet worden; 7) den Kohlenstoff zu den thierischen Materien (Baregine) hätte das Regenwasser durch Auflösung vegetabilischer Materie vor seinem Versinken ebenfalls mit in die Tiefe gebracht [1]).

Nach Berzelius finden manche Quellen selbst in beträchtlichen Tiefen Gelegenheit, organische Materie, die den neptunischen Gesteinen beigemengt ist, aufzunehmen, durch deren Zersetzung Kohlensäure, Quellsäure und Ammoniak entstehen [2]); und nach Braconnot liefern selbst die ältesten plutonischen Gesteine, der Granit, der Wackit, der Basalt etwas Ammoniak [3]).

Nach G. Bischof entstehen die zahlreichen Kohlensäuerlinge, welche aus den Paderborn'schen Kreide-Gebirgen entspringen, dadurch, daß die in die Gesteins-Klüfte versinkenden Tagewasser atmosphärische Luft mit sich führen, deren Menge durch den Luftdruck in der Tiefe zunimmt; ein Theil

---

[1]) Jahrb. *1835*, 481. — [2]) Jahrb. *1837*, 707. — [3]) Jahrb. *1839*, 107.

ihres Sauerstoffgases verbindet sich mit irgend welchem Kohlenstoffe, vielleicht von organischen Einschlüssen des Gesteines, wird durch die so entstandene Kohlensäure zur Auflösung von Gesteins-Theilen geschickt, welche die Quellen oft mit zur Oberfläche bringen, während sich dort die übrige Kohlensäure und der Rest ihres anfänglichen Gehaltes an atmosphärischer Luft mit vorwaltendem Stickstoffe unter lebhaftem Aufbrausen entwickelt [1]). Gleichwohl sind selbst heiße Kohlensäuerlinge oft sehr rein von Mineral-Gehalt, wie zu Gastein, Pfäfers u. a.

Salzhaltige Wasser, welche kohlensauren Kalk und Talk enthaltende Gebirge durchströmen, werden salzsaure Kalk- und Talk-Erde nebst freier Kohlensäure bilden.

h. Daher pflegt die Beschaffenheit der Quellen mehr oder weniger dem Gebirge zu entsprechen, woraus sie entspringen, insbesondere, wenn sie solches nicht etwa bloß zu Tag durchbrechen.

Nach Hehl haben in Württemberg die **süßen** Quellen meistens 10°—14° C., einige aber, welche alle aus Granit entspringen, 29°—38°. Unter den **Sauerwassern** sind nur die wärmern von 18°—22° C. Steigwasser.

Nach Sigwart und Leipprand kommen in Württemberg von fast 100 näher geprüften Quellen: die **warmen** und **lauen** nur aus dem Granit und den ihn zunächst überlagernden Schichten zum Vorschein, — **Sauerwasser** entspringen aus allen Kalk-Formationen, zumal dem Muschelkalk, doch auch aus Gneiß-Granit und darauf ruhendem Sandstein, fehlen aber in der Keuper- und Molasse-Formation ganz. — **Schwefel-Wasser** liefern die an Eisenkiesen und organischen Stoffen reichen Gryphiten-Schiefer; weniger stark und häufig aber auch alle anderen Bildungen; — Wasser mit **kohlensaurem Eisenoxydul** geben hauptsächlich Gneis-Granit und Sandstein; — **Salz-Wasser** ist dem Muschelkalk eigen, der die Salz-Lager enthält; — **Bitterwasser** (mit schwefelsaurer Bittererde) liefern Muschelkalk und Keuper, welche beide Kohlensäure, Bittererde und schwefelsauern Kalk enthalten, die sich zersetzen; — **Glaubersalz-Quellen** dieselben. — Wasser ganz frei von Schwefel- und Salz-sauern Verbindungen geben nur Molasse, Jura- und Gryphiten-Kalk. — Wasser mit **kohlensaurem, schwefelsaurem** und **salzsaurem Natron** liefern Gneis-Granit, auch Gryphiten-Kalk, Keuper und Molasse, obschon letzte Gebirgsarten selbst kein Natron enthalten. — Wasser mit **kohlensaurer Bitter- und Kalk-Erde** geben Muschel- und Gryphiten-Kalk, Keuper-Formation und Molasse. — **Gyps-haltige** Wasser liefern Muschelkalk und Keuper; — **inkrustirende kalkhaltige** Wasser die Jura-Formation und der Keuper; — **ganz kalkfreies** Wasser nur der Gneis-Granit und der Sandstein, dessen Wasser sich fast wie destillirtes verhält. Demgemäß ist auch die Beschaffenheit des Wassers in den Bächen. [2]).

Nach Braun haben um Bayreuth die Quellen aus dem Keuper

---

[1]) Jahrb. *1834*, 57. — [2]) Jahrb. *1832*, 126.

und bunten Sandsteine wenige freie Kohlensäure, daher auch wenig Kalk- und Natron-Karbonat, und nur etwas salzsaure und schwefelsaure Salze. Die des Muschelkalks enthalten viele Kohlensäure und kohlensauren Kalk, weßhalb sie an den Stellen ihres Austrittes oft Kalktuffe absetzen, dann etwas Natron-Karbonat und Kalk-Sulphat mit Spuren salzsaurer Salze: sie ernähren keine Fische [1]). Bei Neckarels haben jene Kalktuff-Absätze aufgehört, sobald die Quellen sich durch den Muschelkalk hindurch in den Rothen Sandstein eingesenkt hatten [2]).

Nach Héricart de Thury hat man in Frankreich Quellen, welche **Schwefelwasserstoffgas** entbinden, in bituminösen Mergeln eines Gyps-Gebirges zu St. Deuze, Pierresite, St. Ouen und Pontain, und solche mit **gekohltem Schwefelwasserstoffgas** in dunkel gefärbten kohligen und schwefeligen Mergeln bei Argenteuil erbohrt [3]). — In hiesiger Nähe bei Wiesloch, Langenbrücken und Bruchsal entspringen alle **Schwefelquellen** aus den Lias-Schiefern.

In Italien fand ich, nach Vergleichung der Nachrichten über eine große Anzahl von Quellen, daß die **heißen** und **warmen** in der Nähe alter und neuer Vulkane, Basalte und Laven entspringen, daß die **Schwefelquellen** mit und ohne Beimischung von **Salzen** zwar aus verschiedenen, aber hauptsächlich aus den Subapenninen-Formationen hervorkommen, auch gewöhnlich etwas organische Materie enthalten [4]).

Nach Zeuschner stehen die Trachyte der Karpathen mit einer Menge von **Sauerquellen** in Verbindung, welche jedoch gewöhnlich aus Sandstein, selten aus Kalkstein hervortreten [5]).

Nach Boussingault und Becquerel enthalten die Quellen vulkanischer Gebirge, z. B. der Anden, dieselben Gase und Salze, welche sich aus den Krateren entwickeln, hauptsächlich **Kohlensäure** und **geschwefeltes Wasserstoffgas**, kohlensaures, schwefelsaures und salzsaures Natron; — die davon entfernten aber nur wenig Schwefelwasserstoffgas, salzsaure Kalk- und Talk-Erde, aber kein kohlensaures Natron [6]).

i. Durch solche Quellen wird das Gestein aber nicht immer ganz aufgelöst, sondern öfters nur in seiner Zusammensetzung geändert, gelockert u. s. w. Fournet erklärt daraus die Entstehung gewisser **Saalbänder** in Gangspalten [7]). Oft entstehen durch die Einwirkung der Quellen auf das Nebengestein ganz neue Verbindungen an und in diesem. Vgl. e.

k. Die mechanische Wirkung der Schwitzwasser ist, meistens nach starken Regen, oft außerordentlich groß. Aus der Tabelle §. 68 l ist ersichtlich, daß manche Erden bis fast 0,9 ihres Gewichtes (**Torflager**, welche dem dort ebenfalls aufgeführten Humus sich nähern, noch weit mehr) an

---

[1]) Jahrb. *1837*, 125. — [2]) Meine „Gäa Heidelbergensis", 143.
[3]) Jahrb. *1836*, 612. — [4]) Meine Reisen, II, 279.
[5]) Jahrb. *1835*, 650.
[6]) Becquerel in *Bibl. univers. 1836*, B, I, 201; Boussingault im Jahrb. *1837*, 77.
[7]) Jahrb. *1836*, 228.

Thau und Regenwasser in sich aufnehmen können, wodurch allein schon, — ohne noch die Ausfüllung der leeren Zwischenräume zwischen ihren Theilchen in Anschlag zu bringen, die oft noch mehr ausmacht — ihr Gewicht periodisch auf das 1½fache erhöht werden kann. Denkt man sich nun eine lockere Erd-Masse auf diese Weise mit Wasser überfüllt, so wird das spezifische Gewicht der einzelnen Erd-Körnchen (= 2,3 — 3,1) um das des Wassers (= 1) vermindert (auf 1,3 — 2,1); sie liegen daher auch in diesen Verhältnissen weniger fest auf einander und sind viel leichter verschiebbar. Ruhet nun eine auf jene Weise voll Wasser gesogene Erd-Masse oder eine einzelne Erd-Schichte, der wieder andere Gesteins-Schichten aufgelagert sind, auf einer geneigten glatten Fels-Fläche, ohne an ihrem untern Rande gestützt zu seyn, so beginnt dieselbe leicht herabzugleiten und es entstehen **Erdschlüpfe** oder **Bergfälle**, und in ihrem Gefolge Erschütterungen, Verschüttungen, Anstauungen von Wasser an der Oberfläche, gewaltsame Durchbrüche und Zerstörungen sekundärer Art. Beispiele mächtiger Bergstürze sind hauptsächlich der bekannte von Goldau in der Schweitz, der von Antrim [1]), der von Tetschen in Sachsen [2]).

Zahlreiche Beispiele von der chemischen und mechanischen Wirkung der Quellen findet man aufgezählt in „v. Hoff's Geschichte der Veränderungen der Erd-Oberfläche" [3]).

4. Bäche und Flüsse [4]).

§. 70. **Die chemischen Zerstörungen der Flußwasser**, welche die etwaige Wärme und freien Säuren der Quellen in ihrem Laufe immer mehr verdunsten lassen, sind unbedeutend, die mechanischen aber von größtem Belange. Sie sind am beträchtlichsten gewöhnlich nächst dem Ursprunge der Flüsse, wo das stärkere Gefälle deren Gewalt vergrößert, und nehmen mit abnehmendem Gefälle und zunehmendem Wasser-Reichthum gegen die Mündungen hin, die Zeiten der Hochstände und Überschwemmungen ausgenommen, immer mehr ab, indem sie selbst der bildenden Thätigkeit der Anschüttungen weichen. Im Anfange reißen sie, außer den feinen Theilen des Bodens, auch große Stein-Stücke los, führen und zertrümmern sie bald die steilen Gehänge hinab, reiben sie an einander zu **Geröllen** oder **Geschieben** (**Kies**) und **Sand** und **Erde**. Jene vermögen sie nur auf dem Boden fortzurollen und zwar von um so kleinerem Gewichte, je mehr ihr Gefälle abnimmt, und können sie daher durch größre Vertiefungen desselben, wie See'n u. s. w.,

[1]) Jahrb. *1837*, 465.
[2]) Jahrb. *1838*, 10, 411, 520. Vgl. auch Bischof's Wärmelehre 135.
[3]) III, S. 135. ff.
[4]) Vgl. v. Leonhard's „Geologie u. Geognosie", 580—588; 623—630.

nicht hindurchführen; die Erden aber tragen sie schwebend, die feinsten und leichtesten Theile am längsten, bis sich das Wasser mit Erlangung einer gewissen Langsamkeit gänzlich von ihnen klärt. — Ohne die Abwechselungen der Hochwasser würden vielleicht die meisten Flüsse schon ihre Kraft mit ihrem Gefälle in der Weise in's Gleichgewicht gesetzt haben, daß sie keine zerstörenden Wirkungen mehr äußerten.

a. Als Wirkung der langjährigen Thätigkeit der Flüsse muß man in der Regel, wie wenig auch anfangs die Kraft der Wirkung zu genügen scheint, die Bildung der **Bach- und Flußthäler** (**Auswaschungs-Thäler** u. a.) und das tiefere Einschneiden ihrer **Fluß-Betten** darin betrachten, welche die Gebirge in allen Richtungen zertheilen und nur schmale Kämme zwischen sich lassen, wo ihnen allerdings die anfänglich vorhandenen Ungleichheiten der Oberfläche ihren ersten Weg vorgezeichnet hatten. In manchen Hochebenen haben sie nur tiefe, aber von einander entfernt bleibende Betten zwischen ansehnlichen Theilen der Ebenen eingegraben; in den Niederungen haben sie solche oft kaum unter die Oberfläche des Bodens eingesenkt und überfluthen und durchbrechen daher bei jedem Hochwasser ihre Ufer.

— — Manche **Quellen** werden offenbar von Flüssen genährt.

b. Will man sich eine Vorstellung von der Möglichkeit der unermeßlichen Wirkung der Flüsse machen, so muß man ihre Menge, ihre Länge und Breite, ihre Gefälle und Schnelligkeit und ihren Wasser-Reichthum mit Bezug auf dessen Vertheilung nach den Jahreszeiten berücksichtigen. Von ihrer Menge überzeugt man sich bald durch den unmittelbaren Augenschein. Von der Länge ihres Laufes belehren uns die Landkarten und hauptsächlich gewisse besondere Fluß-Karten. Von ihrem Gefälle diese letzten, oder eine einfache Berücksichtigung der Höhe unserer Gebirge im Verhältnisse zu den Ebenen und Meeren, welchen sie zuströmen. Über ihren Wasser-Reichthum hat man besondere Beobachtungen angestellt.

c. Was die **Länge** der Flüsse betrifft, so ist sie nach Banks, die der Themse = 1 gesetzt, bei

Rhein	= 5,2	Euphrat	= 8,5	Hoang-ho	= 13,5
Donau	= 7,0	Ganges	= 9,5	Kian-ken	= 15,5
Wolga	= 9,5	Jenisey	= 10.	Mississippi	= 8.
Nil	= 12,5	Amur	= 11.	Amazonas	= 15,7 rc.[1]).
Indus	= 5,5	Lena	= 11,5		

Die **Tiefe** des Nil zu Cairo bei Hochstand ist 20'—30', des Brahmaputra bei Goyalpara desgl. 33'; des Po an der Adda-Mündung desgl. 37'; die der Donau ist stellenweise 22'; die des Rheins längs Baden 60'—8' und bei Spyker 15' u. s. w.

---

[1]) Muncke's Physik, II, 298.

Die **Breite**

des Indus bei Mittunkote . . . . . = 60.000′
„ Irawaddi nächst der Mündung . . . = 4.800′

des Nil bei Monfallut = 2.450′
der Donau bei Zernetz = 3.700′
des Po bei der Taro-Mündung . . . = 3.600′

„ Mississippi bei Natchez wechselt bei niedrem und hohem Wasser-Stande von 1 bis 30 Engl. Meilen (**Ueberschwemmungs-Gebiet**); die des Orinoko bei St. Thomas von $\frac{3}{4}$ bis 15 Engl. Meilen [1]). Das Überschwemmungs-Gebiet des Rheins ist in unserer Gegend nach Tulla stellenweise 1 deutsche Meile breit; das des Nils beträgt mehre deutsche Meilen.

d. Die Größe der **Strom-Gebiete** beträgt nach Müller's Berechnung in geographischen Quadrat-Meilen bei

Weser	: 874	Ganges	: 20.224	Obi	. . : 63.776
Rhein	: 3.598	Jenisey	: 74.001	Mississippi	: 53.636
Wolga	: 30.150	Amur	: 53.559	La Plata	: 71.665
Nil	: 32.620	Lena	: 36.483	Amazonas	: 88.305 rc. [2]).
Senegal	: 25.614	Hoang-ho	: 33.686		

e. Das **Gefälle** der Flüsse wechselt vom Senkrechten (**Wasserfälle, Stromschnellen**) bis zum Horizontalen. Die Geschwindigkeit des Fluß-Wassers ist nach Tulla = $\sqrt{\text{Gefälle}} \times \sqrt{\text{Tiefe}}$ (Tiefe des Wassers), wird aber durch ein unebenes Bett, vorstehende Felsen, vorspringende Ufer-Stellen u. dgl., welche seinen Lauf brechen, aufgehalten; wie sie durch starkes Zusammenzwängen an einem Orte sehr vermehrt werden muß.

Angaben über das Gefälle und die Geschwindigkeit bekannter Flüsse können oft auch zur Orientirung über andere dienen; daher hier einige Beispiele stehen mögen. Es beträgt das Gefälle auf 1 deutsche Meile (§. 28), mit dem Laufe abnehmend [3]),

im Nil vom Zana-See ober Fazogl bis Kairo (Stranz) v. 55′ — 2′
„ Rhein von Hüningen bei Basel bis Kehl (Tulla) „ 16′,6 Par.
„ Kehl bis Neuburg . . . . „ 9′,25 „
„ Neuburg bis Hessen-Darmstadt unter Mannheim . . . . „ 3′ „
„ Hüningen bis Hessen daher . . . „ 10′ „
„ Basel bis Emmerich (Stranz) . . „ 15′,4 — 1′,2
in d. Donau v. Regensburg bis Comorn (Stranz) „ 10′,2 — 3′,3
im Neckar von Heidelberg bis Mannheim . . . „ 20′

Die Geschwindigkeit in einer Sekunde ist in

---

[1]) Ritter's Erdkunde, I, 250 und Muncke a. a. O. 298.
[2]) Muncke's Physik, II, 298.
[3]) J. G. Tulla über die Rektifikation des Rheines von der Schweitz bis Hessen, Karlsruhe 1825, 8°; — v. Stranz in Berghaus Annalen, *1839*, C, XIX, 305—322, wo noch viele andere Angaben mitgetheilt werden.

Nil bei Montfallut (Stranz) . . . . . 2',3 Par.
Newa bei Petersburg „ . . . . . 1,'7
Donau bei Ulm . . „ . . . . 7'
Donau bei Passau . „ . . . . 5'
„ „ Ips (Stromschnelle) . . . . . 15'
Isar bei München (Stranz) . . . . . 10'
Main bei Frankfurt „ . . . . . 3'
Ungestörte Schiffahrt „ . . . . . 8'
Rhein bei Basel bei höchstem Stand (Tulla) 13' „
„ „ „ „ niederstem „ „ 6' „
„ „ „ „ mittlem „ (Stranz) 7'
„ „ Mannh. bei höchstem „ (Tulla) 4',63 Par.
„ „ „ „ niederstem „ „ . 2',4 „
„ „ „ „ mittlem „ (Stranz) 5' (?)
„ „ Rehmagen desgl. . . . „ 3'
„ „ der Sieg-Mündung desgl. . „ 6'
„ „ Cölln . . . „ . „ 4',1
„ „ Bonn . . . „ . „ 4'
„ „ Düsseldorf . „ . „ 5'
„ „ Spyker. . . „ . „ 3',5
„ „ Basel bis Spyker . . „ 4',5

Die Schnelligkeit, welche Bäche in ihren zuweilen bis 1.200 und 1.600' hohen Wasserfällen (so ferne sie sich nicht in Staub auflösen) erlangen, ist oft beträchtlich. Die Gewalt, welche auch große Flüsse in freilich seltenen Fällen durch die bis 600' hohen Fälle ausüben, ist außerordentlich, da letzte natürlich im Verhältnisse steht zur Geschwindigkeit und zur Wasser-Masse zugleich. Der seiner Wasser-Masse nach beträchtlichste senkrechte Fall ist der des Niagara von 160' Engl. Höhe, womit er durch ein festes Kalk-Gebirge hinab eine leicht zerstörbare Thonschiefer-Schichte erreicht, welche durch den furchtbaren Strudel im Becken des Falles unausgesetzt zertrümmert wird, wodurch die darauf ruhenden Kalkschichten unterwaschen werden und nachstürzen, während auch die Wirkung des hinabstürzenden Stromes von oben unausgesetzt thätig ist.

f. Was die **Anschwellungen** betrifft, so ist oben schon von der Breite der Überschwemmungs-Gebiete einiger Flüsse die Rede gewesen. Sie vervielfachen dabei ihren gewöhnlichen Wasser-Gehalt und wachsen oft um viele Klafter Höhe, je nach der wirklichen Wasser-Vermehrung, je nach seiner Schnelligkeit und der Geschlossenheit des Bettes, welches in Gebirgen oft sehr enge, in Ebenen zuweilen fast unbegrenzt ist. Daher das Anschwellen eines Flusses gegen seine Mündung immer viel geringer ist, als nächst den Quellen. Die jährlichen Hochwasser-Stände des Rheins von Basel bis unterhalb Mannheim sind nach 7—13- und zum Theil mehr-jährigen Beobachtungen 72'' (wenn man drei sehr abweichende Fälle ausläßt) 120'' — 223'' Rhein. über dem geringsten bekannten Minimum [1]).

[1]) Gefäll. Mittheil. meines Freundes, d. hiesig. Ingen., Hrn. Lorenz.

So führt der Nil bei regelmäßigem Hochstande (welcher etwas über 50 Tage zuzunehmen pflegt), 9mal so viel Wasser als sonst; er steigt in Ober-Ägypten gewöhnlich über 35', in Unter-Ägypten über 15' [1]).

g. Vom **Wasser-Reichthum** der Seine bei Paris war schon §. 68 f eine Berechnung mitgetheilt worden. Der Rhein bei Basel führt jährlich 1.046.763.676 Kubik-Toisen jede von 1000' Wasser (also 1,046,763 Millionen Kubikfuß) aus der Schweiz, was jedoch nicht genügen würde, den Bodensee auszufüllen [2]). Nach Tulla (a. a. O.) führt in jeder Sekunde

der Rhein	bei Basel	bei Mannheim
in höchstem Wasserstand	225.000 Kubikfuß	200.000 Kubikfuß (Neu Bad.)
in mittlem	32.000 „	43.000 „ „
in niederstem	12.500 „	18.500 „ „
jährliches Mittel	1.009.152 Millionen	1.356.048 Millionen

(was in Pariser Fußen 0,08 weniger beträgt). Nach Muncke [3]) soll der Rhein 82.109 Kubikfuß Rheinl. (85.00 Kubikfuß Par.) in einer Sek. in's Meer führen, was im Jahre 0,1959 Kubikmeilen betrüge. Nach Riccioli überliefert der Po dem Meere stündlich 401 Millionen Kubikfuß Wasser, was im Jahre 3.512.760 Millionen ausmacht. Der Ganges soll bei niederm Stand 80.000 Kubikfuß und, wenn er angeschwollen, 405.000 Kubikfuß Engl. Wasser in der Sekunde führen [4]).

Nach Riccioli lieferten alle

Europäischen . Flüsse soviel als	139	3.654 Po-Ströme.	
Afrikanischen . „ „ „	190		
Asiatischen . . „ „ „	465		
Nordamerikanisch. „ „ „	619		
Südamerikanisch. „ „ „	2240		
noch unbekannte „ „ „ . . .		346	„
		4.000	„

welche Wasser-Menge zusammen jährlich 455,5 Kubikmeilen betragen würde; de la Metherie hatte nur 341 Kubikmeilen angenommen [5]).

Wollte man aber nach c den Wasser-Reichthum der Flüsse nach der Ausdehnung ihrer Strom-Gebiete beurtheilen und den Rhein mit 82.109 Kubikfuß in der Sekunde als Einheit setzen, so würde man höchstens 50 Kubikmeilen [6]) und nach Berücksichtigung der ihm eigenthümlichen Verhältnisse höchstens 75 Kubikmeilen erhalten.

h. An chemisch aufgelösten **Kalktheilen** und andern Stoffen führt der Rhein, der geringen lösenden Kraft der Flußwasser ungeachtet, nach Bischof's Berechnung jährlich einen Würfel von 866' Seite (650 Mill. Kubikfuß) aus der Schweiz fort [7]). Der (warme und säuerlich schmeckende)

---

[1]) Muncke's Physik, II, 305.
[2]) Bischof's Wärmelehre, 108 Note. Escher von der Linth in Sillim. *Amer. Journ.* **1822**, V, 392.
[3]) Physik; II, 297. — [4]) *Transact. Asiat. Soc.* VII, 14.
[5]) Muncke's Physik, II, 297. [6]) Munke a. a. O.
[7]) **Wärmelehre**, 133, **Anm.**

Rio Vinagro enthält in 1 Litre 1,66 Gramm Schwefelsäure, Salzsäure, Thonerde, Kalkerde und Eisen [1]).

i. Der **Schlamm**, welchen die Flüsse mit sich führen, ist bei manchen immer, bei andern nur während der Hochstände vorhanden, so daß sie zu einer Zeit gelblich gefärbt, zur andern klar sind. Dieß erschwert sehr die Berechnung. So sollen an Schlamm führen

	Volumen.	Gewicht.	Jährliche Menge in Mill. Kubikfußen.
der Nil nach Manfredi .	$\frac{1}{132}$		
„ „ „ „ Shaw .	$\frac{1}{120}$		
„ Rhein nach Hartsoeker bei Hochstand .	$\frac{1}{100}$		
„ „ nach Zanotti. . .		$\frac{1}{165}=0,006$ $\frac{1}{126}=0,008$	
„ „ „ Manfr. bei mäßiger Trübung	$\frac{1}{174}$		
„ „ nach Horner bei Bonn		0,000064—53 [2])	53.
„ gelbe Fluß (China) nach Barrow [3]) . .	$\frac{1}{200}$	. . . .	17.520 (Engl. [4]).
„ Tiber nach Zanotti. . .		$\frac{1}{219}$	

k. Die Menge von Sand, Kies und Gerölle, welche die Flüsse bilden und fortführen, wird sich mehr bei Untersuchung ihrer bildenden Thätigkeit ergeben.

l. Hieher jedoch noch einige Beobachtungen über die **Größe der Gerölle** im Verhältniß zum Gefälle des Flusses. Nach Buat's Beobachtungen wälzt der Fluß

bei 36'' Geschwindigkeit in 1 Sek. grobe Geschiebe,
„ 24'' „ „ „ „ kleine Geschiebe,
„ 10'' „ „ „ „ Kies,
„ 8'' „ „ „ „ groben Sand,
„ 6'' „ „ „ „ gewöhnlichen Sand
„ 3'' „ „ „ „ feinen Sand

mit sich fort und vertieft dabei mithin, wenn es an Zufuhr gebricht, das Bette. [5]).

Nach Tulla und Kachel [6]) ist zwischen dem Bodensee und Kehl

---

[1]) *Ann. chim.* XXVII, 113.

[2]) Horner berechnet dem Rhein bei Bonn 1200' Breite, 15' mittle Tiefe und 2½ Engl. Meilen Geschwindigkeit in der Stunde, und im Mittel auf jeden Kubikfuß Wasser 28 (in Extremen 21 und 35) Gran = 0,000064 Gewicht Schlamm, was täglich 145,981 und jährlich über 53,000,000 Kubikfuß Schlamm betrüge (Jahrb. *1836*, 82) und außerordentlich wenig gegen andere Berechnungen wäre.

[3]) Staunton, Engl. Gesandtschafts-Reise nach China, übersetzt von Hüttner, Zürich 1799, II, 456.

[4]) Munke's Physik, II, 296.

[5]) v. Stranz in Berghaus Annal. 1839, c, XIX, 305—322.

[6]) Jahrb. *1838*, 596.

bei **Straßburg**, wo nach e das Gefälle von 25′ bis auf etwa 10′ für die Meile, die Geschwindigkeit von ungefähr 10′ bis auf 3′ in der Sekunde abzunehmen scheint, das mittle Gewicht der [alten?] Rhein-Geschiebe, wo dasselbe jedoch zum Theil noch vom Gefälle der größeren (nur bei Basel) und kleineren Nebenflüsse abhängig ist, wie folgt:

Strecke	bei ... Fall auf ...	Länge	(proportional)	Gewicht
von Waldshut bis Basel				= 12 Pfd.
„ Basel bis Neuenburg	„ 1.117″ „	„ 116.000′	0,00096	= 12 „
„ Neuenburg bis Breisach	„ 787 „	„ 92.000′	0,00086	= 5,2 „
„ Breisach bis Weißweil	„ 713 „	„ 93.000′	0,00077	= 7,5 „
„ Weißweil bis Wittenweiher	„ 458 „	„ 64.000′	0,00072	= 3 „
„ Wittenweiher bis Goldscheuer	„ 466 „	„ 81.000′	0,00058	= 2,4 „
„ Goldscheuer bis Kehl	„ 125 „	„ 26.000′	0,00048	= ?
„ Kehl bis Daxlanden	„ 1.032 „	„ 269.000′	0,00038	= ?
„ Daxlanden bis Mannheim	„ 439 „	„ 334.000′	0,00013	(von Bohnen-Größe).
„ Basel bis Mannheim	„ 5.137 „	„ 1.075.000		

m. Folge dieser Zertrümmerung und Fortführung ist die allmähliche Aushöhlung der Thäler. Die Gebirge in ihrem Gesammt-Profile, und wohl anfänglich auch im Detail-Profile, haben gewöhnlich in ihrer Mitte nur weniges, an ihren äußeren Gränzen das stärkste Gefälle. Die Tagewasser, welche, anfänglich einer zufälligen Vertiefung folgend, sich in ihrem Verlaufe allmählich ein Bett ausgraben, stürzen daher an der äußern Seite des Gebirges auch mit der stärksten Gewalt herab und fördern eben hiedurch dort die Aushöhlung am meisten durch Zertrümmerung und Unterwaschung. Die Folge ist das immer weitere Einschneiden tiefer ins Innere des Gebirges (**Zurückgehen des Gefälles**) und die Entstehung von Thälern (**Auswaschungs- oder Erosions-Thälern**) unterhalb dieses Gefälles hauptsächlich, und zuletzt die Erscheinung, daß die Thäler ihr stärkstes Gefälle nächst der Achse des Gebirges, wie dieses das seinige nächst den Seiten haben, indem die einschneidenden Bäche, je weiter zurück man sie betrachtet, je schmäler die Zwischenräume zwischen ihnen noch sind, auch um so weniger Zuflüsse erhalten haben können und ihr Gefälle daher nicht mehr weiter zurückgehen kann. Manche Bäche, einer vorgefundenen Spalte folgend, schneiden mit ganz senkrechten Wänden in ein festes horinzontal geschichtetes Gebirge ein. In der Regel aber neigen sich ihre Seiten unter schwächerem oder stärkerem Winkel gegen die Thal-Sohle theils in Folge des Nachstürzens der unterhöhlten Schichten, theils durch die Nachwaschungen zuströmender Tagewasser. Gewöhnlich sieht man die Gesteins-Schichten an beiden Thal-Wänden sich entsprechen. **Gressly** beobachtete im französischen Jura, daß dort die Thäler in leicht zerstörbarem Oxford-Gesteine tief und schmal („**Combes**"), bei härteren Schichten breit und flach werden [1]. — Schwieriger ist die Erklärung der Entstehungs-Weise mancher Thäler, deren beträchtliche Breite

[1]) Jahrb. *1836*, 673.

bei übrigens bestimmt ausgesprochener Form einen einst viel beträchtlicheren Strom vorauszusetzen scheint, als sich jetzt darin bewegt, obschon im Allgemeinen die neptunischen Kräfte in Zunahme begriffen sind. Man hat, um sie zu erklären, zur Annahme von, sonst durch nichts nachgewiesenen, hohen Meer-Fluthen seine Zuflucht genommen, welche über ganze Kontinente weggegangen seyn sollen. Zuweilen zeigen die beiden Seitenwände einander gegenüberliegende treppenförmige Absätze, als ob jene Ströme von Zeit zu Zeit schwächer geworden wären und demungeachtet tiefer eingeschnitten hätten. Man hat die ersten **Entblösungs-Thäler** (de la Beche), die letzten **Treppen-Thäler** (Boubée) genannt, und insbesondere eine große Zahl Französischer Thäler dazu gerechnet. Ja es scheinen in minder auffallendem Grade die meisten Thäler in diesem Falle zu seyn [1]). Vielleicht geben die folgenden Erscheinungen darüber Aufschluß.

n. Nähert sich das **zurückschreitende Gefälle** auf seinem Wege einem Gebirgs-See, durchschneidet es endlich den letzten Wall oder die Abfluß-Schwelle, welche es davon trennt, so bricht der See endlich gewaltsam durch, vertieft die Abfluß-Schwelle, wodurch die ihn bis jetzt durchströmenden Gewässer auch tiefer in den meistens mehr oder weniger nivellirten und nun abtrocknenden See-Boden einzuschneiden und treppenförmige Absätze darin veranlassen. Unter dem Durchbruche aber richtet die Gewalt der plötzlich reichlicher ergossenen Wasser-Masse des See's (bis zu seiner Erschöpfung) mächtige Zerstörungen an und schüttet die Schutt-Massen, welche sich bis jetzt oberhalb der Schwelle angesammelt hatten und in den neuen Einschnitten liegen, eben so wohl wie alle später in ihn eingeführte Materialien über die tiefer liegenden Gegenden aus. Durchgebrochene See'n dieser Art sind der Genfer See mit seiner Abfluß-Schwelle durch die Rhone bei Fort de l'Ecluse; die Ebene von Terni mit dem Abfluß der Nera bei Narni; das Arno-Thal bei Figline mit der Schlucht von Incisa; der Rhein-Gau mit der Schwelle bei Bingen; das Becken von St. Thomas-im-Thal auf Jamaica [2]), das Vaucluse-Thal mit dem Durchbruch der Sorgue u. a. m. Man hat angenommen, daß dasselbe auch dem Erie-See bevorstehe, welchem die jetzt 21 Engl. Meilen enfernten Niagara-Fälle seit 40 Jahren jährlich um 4' näher gerückt sind. Fairholme berechnet den Eintritt des Ereignisses nach 30—40,000 Jahren, wogegen Rogers bemerkt, daß dort wenigstens ein plötzlicher Eintritt der Art nicht zu befürchten stehe, da sein nur bis 120' tiefer Boden sich nur ganz allmählich gegen die Abfluß-Schwelle erhebe [3]). Vgl. S. 163, d.

o. Die Flüsse eben so wohl, als das unmittelbare Regenwasser, geben oft wieder Veranlassung zur Bildung von **Quellen** in geringeren und größeren Entfernungen, indem sie nämlich da, wo ihr Bett Wasser-aufsaugende

---

[1]) De la Beche im Jahrb. *1832*, 337; Boubée *1835*, 593; Daubeny *1832*, 340; Scrope *1832*, 342.

[2]) De la Beche im Jahrb. *1832*, 341. — [3]) Jahrb. *1839*, 221, 223.

Erd-Schichten durchschneidet, solches einsickern und an tieferen Ausgehenden derselben wieder hervortreten lassen. So steigt und fällt die Quelle Bouillon bei Orleans mit der Loire und vertrocknet nie, wenn gleich dieser Fluß gewöhnlich nur durch das Schneeschmelzen im fernen Hochgebirge anwächst[1]). Aber selbst durch regelmäßige Kanäle müssen die unterirdischen Wasser-Adern oft mit den Flüssen in Verbindung stehen; denn nur so scheint es erklärlich, daß zu Riemke bei Bochum in Westphalen eine in 143′ Tiefe erbohrte starke Quelle 15—20 Fischchen (Grundlinge?) ausstieß[2]), daß eine Bohrquelle zu Elbeuf 2 Aale zu Tage brachte[3]) und eine zu Tours Zweige von Holz-Pflanzen, Stengel und Blätter von Sumpf-Pflanzen, Saamen, Land- und Fluß-Konchylien hervortrieb[4]).

p. Noch eine Menge Erscheinungen hieher gehöriger Art findet man im Detail beschrieben in v. Hoff's Geschichte der Veränderungen der Erd-Oberfläche[5]), in Muncke's Physik[6]) u. s. w.

5. See'n[7]).

§. 71. Bei großen in Becken eingeschlossenen Wasser-Massen ist gewöhnlich nur, etwa die **Salzsee'n** ausgenommen, ihre mechanische Thätigkeit wichtig. Hochgelegene oder **Gebirgs-See'n** können manche eigenthümliche Erscheinungen im Wachsen und Fallen ihrer Gewässer — und viele, in so ferne sie unterirdische Abzüge haben, **Quellen**, wodurch nicht selten große Bäche auf einmal hervorbrechen, — allmähliche Ausweitung dieser Abzugs-Kanäle mitunter zu Höhlen, und so vielleicht endliche Trockenlegung der Kessel-artigen See-Becken, — wenn sie aber oberflächlich abströmen, die Zurückhaltung alles in sie eingeführten Gerölles und Sandes hinter der Ausfluß-Schwelle, die endliche Ausfüllung des Beckens oder zuletzt den Durchbruch jener Schwelle und damit mächtige Zerstörungen in den tieferen Gegenden veranlassen.

b. Viele **Gebirgs-See'n**, die von den Zuflüssen benachbarter Höhen genährt werden, verlieren ihr Wasser wieder theils durch Verdünstung, theils durch unterirdische Abzugs-Kanäle allein oder doch durch diese zugleich mit oberflächlichen. Manchmal müssen sie gleichwohl bis zu einiger Höhe ansteigen, ehe sie durch jene Kanäle abfließen können, und dann bieten sie zuweilen die auffallende Erscheinung dar, daß sie auch bei dem stärksten Regen ein gewisses Niveau wenigstens nicht überschreiten, wenn sie gleich keinen sichtlichen Abfluß haben. Manchmal füllen sie sich überhaupt nur zur Zeit der stärksten Regen und des Schnee-Schmelzens und liegen zu

[1]) Arago im Jahrb. *1836*, 94. — [2]) Jahrb. *1833*, 575.
[3]) Jahrb. *1837*, 706. — [4]) Jahrb. *1836*, 93. — [5]) III, 102—120.
[6]) II, 295—307.
[7]) Vgl. „Geologie u. Geognosie", S. 588—597, 619—621—622.

anderen Zeiten trocken, wo dann ihre Abzugs-Öffnungen zugänglich werden. Diese Öffnungen stehen aber zuweilen mit tieferen, sich nie ganz entleerenden Wasser-Behältern in den Bergfesten selbst in Verbindung, aus welchen dann zu dessen Beweis zur Zeit der Anfüllung des See's Fische in denselben aufsteigen. Erscheinungen dieser Art sieht man an dem berühmten Zirknitzer See. Manchmal werden die Abzugs-Öffnungen durch mechanische und chemische Einwirkungen endlich so weit, daß sie das Wasser jederzeit sogleich ablaufen lassen, so daß der ehemalige See stets trocken bleibt. Solche Öffnungen sind nach Virlet und P. W. Forchhammer die **Katabothron's** in den aus gehobenen Glimmer-, Thon- und Talk-Schiefern bestehenden Gebirgs-Wänden, welche die Ebenen Morea's einschließen [1]. Inzwischen können solche Öffnungen durch außerordentliche Zuführungen wieder verstopft und die Bildung eines See's abermals veranlaßt werden, wie denn Alexander d. Gr. einmal die **Katabothron's** des See's Kopais durch Krates von Chalcis wieder eröffnen ließ, wodurch ein ganzer Landstrich trocken gelegt und Theile überschwemmter Städte wieder über das Wasser gebracht wurden. Ja Kenrik möchte einer Verstopfung dieser nämlichen Abzugs-Öffnung die **Ogygische Fluth** in Böotien zuschreiben und von einer ähnlichen Ursache selbst die **Deukalionische** in Thessalien herleiten, welches, ganz vom Hochgebirge umgeben, noch jetzt keinen Abzug für sein Wasser hat, als Tempe, an dessen Stelle ehedem wohl auch nur eine enge Öffnung war; denn Herodot [2]) sagt selbst ausdrücklich, daß ganz Thessalien vordem ein See gewesen seye [3]).

c. Unter diesen Verhältnissen ist denn auch das Hervorbrechen starker **Quellen** und ganzer Bäche und Ströme aus dem Fuße der Gebirge, welche solche See'n besitzen, leicht erklärlich; so wie aus den damit erweislich verbundenen Wasser-Behältern im Innern der Gebirgsfesten das Fortströmen jener Bäche auch in der trockenen Jahreszeit und nach vollendeter Ausleerung jener See'n.

d. Bei oberflächlichen Abfluß-Rinnen ist zuerst bemerkenswerth, daß die Flüsse wohl Geschiebe und Sand in den See hineinführen, aber keine mit herausbringen, indem solche aus dessen Tiefen nicht an die Schwelle heraufgelangen können. — Bei endlicher Zerstörung dieser Schwellen durch das Zurückschreiten des Gefälles tragen sich die §. 70 n erwähnten Ereignisse zu. Aber die Durchbrechung enger Abfluß-Öffnungen, **der Ausbruch eines Gebirg-See's**, kann auch in Folge langjährigen Ansteigens der See-Gewässer oder plötzlicher sehr starker Anschwellungen von oben her geschehen. Das großartigste Beispiel solcher Ausbrüche mag wohl der Theil Nord-Amerika's gewährt haben, worin jetzt die großen See'n liegen. Keating weiset durch viele Belege nach, daß es einst ein zusammenhängendes Binnen-Meer gewesen, welches ein viel höheres Niveau besessen und sich bei'm Durchbruch der Dämme hauptsächlich durch das Mississippi-Thal

[1]) Forchhammer in Poggend. Annal. XXXVIII, 241; Jahrb. *1834*, 367.

[2]) VII, 129. — [3]) Jahrb. *18* , 634.

ergossen, solches mit einer unsäglichen Masse von Schlamm, Gerölle und Blöcken bedeckt und sogar mit Karneol- und Jaspis-Geschieben aus den Mandelsteinen des Oberen See's versehen, dagegen aber auch im Laufe seiner Fluth eine Menge im Mississippi-Thale selbst vorfindlicher Gebirge zerstört oder umgeschüttet habe [1]).

Eine Zusammenstellung hieher gehöriger Thatsachen findet man in v. Hoff's „Veränderungen d. Erdoberfläche" [2]), in Muncke's Physik [3]), bei Lyell u. s. w.

§. 72. In großen **Landsee'n** und insbesondere **Binnen- und Welt-Meeren** sind ihre Verdunstung, ihre manchfaltigen **Strömungen,** ihre **Wellen-Bewegung**, ihre **Brandung**, ihre **Ebbe** und **Fluth**, und als deren Wirkungen manche atmosphärische Erscheinungen, die Fortführungen, die Zertrümmerungen der Ufer-Felsen, die Unterwaschungen der Küsten, die Einbrüche in's Land, die Bildung von Inseln u. s. w. von größtem Belange.

b. Unmerklich ist die **vertikale Strömung** des Meer- und See-Wassers, welche dadurch entsteht, daß die wärmeren Wasser-Theile als die leichteren emporsteigen, die kälteren als die schwereren hinabsinken, daher dann auch die Temperatur des Wassers, im Gegensatze zu der des Landes, mit der Tiefe abnimmt, so daß, wo der Ozean die dazu erforderliche Tiefe hat, seine Temperatur auf 3°,78 C. als den Punkt der größten Dichtigkeit oder Schwere des Wassers hinabsinkt.

c. Die größre Erwärmung der Erd-Oberfläche unter dem Äquator hat zur nächsten Folge eine Verdünnung und Aufsteigen der zunächst auf der Oberfläche ruhenden Luft-Schichten in stärkerem Grade, als in höheren Breiten, ein Nachströmen anderer noch schwerer Luft-Massen aus diesen von Norden und Süden her, und somit die Bildung der **tropischen** oder **Passat-Winde** (§. 17 b) und deren Einfluß wieder auf andre Bewegungen der Luft. Und

d. auf ähnliche Weise bewirkt die stärkere Ausdünstung des Meeres zwischen den Wendekreisen ein Zuströmen des Meeres von den Polen nach den Tropen-Gegenden, welches ebenfalls innerhalb der Tropen: zuerst auf der nördlichen Halbkugel in S.W., auf der südlichen in N.W. Richtung stattfindet, in der Nähe des Äquators aber ganz in eine westliche (von O. nach W.) übergeht und unausgesetzt fortdauert (**Oststrom, Dienung** der Holländer). Die Voranbewegung von Ebbe und Fluth und die der Passate in gleicher Richtung verstärken sie noch. Ihre Geschwindigkeit beträgt täglich 2—3 Deutsche Meilen.

e. Da aber diesem Oststrome seit Emporhebung trockener Oberflächen sich eine Menge Länder und Inseln wie untermeerische Gebirge in den Weg legen, so wird er hiedurch manchfaltig aus seiner Richtung abgelenkt, selbst in entgegengesetzter Richtung zurückgeworfen, in Arme getheilt, und

---

[1]) Jahrb. *1833*, 500. — [2]) III, 121—134. — [3]) II, 361.

bald bei kurzen Wendungen eng zusammengezwängt und dann an Schnelligkeit verstärkt, bald breit ausgedehnt, so daß er mehr mit dem übrigen Meere verfließt. Nimmt er nun dabei eine auf die normale Richtung queer gehende an, so gelangt er mit einer noch hohen Temperatur aus den Tropen-Gegenden bis in hohe Breiten hinauf, oder bringt eine niedrigere Temperatur wieder bis zwischen die Tropen mit, und so wird das Meer in allen Richtungen von **warmen** und **kalten Strömungen** durchkreuzt, welche zuweilen sogar in verschiedenen Tiefen desselben eine entgegengesetzte Richtung besitzen, wie man das an der Straße von Gibraltar wahrnimmt. Am vollendetsten findet man den Oststrom in den weiten Meeren von der Westküste Amerika's bis zur Ostseite Afrika's, wo ihn die oft zahlreichen Inseln zwar manchfaltig theilen und modifiziren, aber im Ganzen doch nur wenig aufhalten können; darauf wendet er sich südwärts um's Kap mit einer noch um 10° erhöhten Temperatur und 130 See-Meilen Breite, geht getheilt wieder nordwärts bis an die gegenüberliegende Amerikanische Ost-Küste, wo er sich abermals bricht und theils südwärts, theils nördlich als **Golfstrom** in den Meerbusen (Golf) von Mexico dringt, und aus diesem zurückgewiesen sich gegen die Europäische Westküste wendet, woselbst er einem andern längs der Afrikanischen Westküste heraufkommenden, am grünen Vorgebirge täglich 30 See-Meilen weit treibenden Arme begegnet, und sich mit diesem theils auszugleichen scheint, theils aber auch mit 28° C. Temperatur und einer Geschwindigkeit von 20—30 Meilen im Tage und 4—12 Meilen Breite nordwärts und längs den Faröern, der Irländischen und Norwegischen Küste geht, in 40° Breite noch 22°,5 Wärme behält (wo das ruhige Meer nur 17°,5 hat) und gegen die Sibirische Küste fortsetzt, das Wasser durch die Behrings-Straße und aus der Baffins-Bai wieder nach Grönland drängt, wo dann sein Wasser kälter ankommt, als das dortige Meer-Wasser ist. Die hauptsächlichsten Arme und deren Temperatur findet man auf unserer Taf. IV angegeben, welche nach Berghaus' physikalischem Atlas bearbeitet ist. — — Diese Strömungen wirken in geringem Grade zerstörend auf lockere Bestandtheile der Ufer, welche sie bespühlen; sie führen schwimmende Körper oft weit von da fort; sie haben bei schiefer oder querer Richtung einen großen (erhöhenden oder erniedrigenden) Einfluß auf die Temperatur und so auf das gesammte Klima einer Gegend, zumal wo sie im hohen Norden und Süden die bleibende Anhäufung von Eis-Massen in den sonst gewöhnlichen Breiten hindern, oder zuweilen mächtige Eis-Felder nach den Tropen führen.

f. Von der Strömung verschieden ist die **Drift**, eine wie es scheint nur sehr oberflächliche Bewegung des Meeres, woran die Luft-Strömungen Theil haben mögen und wodurch nicht selten schwimmende Körper weit aus ihrer Heimath weggeführt werden.

g. Die von den Winden erregten **Wellen-Bewegungen** des Meeres erstrecken sich mit großer Intensität von der Oberfläche an nicht in beträchtliche Tiefe hinab, nach der gewöhnlichen Annahme nur etwa bis auf 80'—100'. Tiefer wäre das Meer auch beim heftigsten Sturme fast ruhig und ein tieferer Meeresgrund würde durch den Sturm nicht aufgerührt. Doch hat

Siot kürzlich mit neuen Apparaten eine Wirkung der Meeres-Wogen bei **Isle de France** bis zu 193 Meter Tiefe ausgemittelt [1]). Die Höhe der Wellen steigt im offenen Meere niemals über 24′ Par., über dem Grunde der Thäler zwischen ihnen gemessen. Je größer und freier das Meer, desto mehr und länger können sich die Wellen fortpflanzen und desto größer werden. Ihre Wirkung muß sich an Küsten und Untiefen äußern. Je allmählicher sie auf einem sanft ansteigenden Gestade (im Meere) hinaustreiben, desto mehr verlieren sie an Gewalt; je plötzlicher sie an steil aus der Tiefe aufsteigenden Fels-Wänden anprallen (**Brandung**), desto fürchterlicher ist ihre Kraft, und nicht selten zerschellt und spritzt hier die Woge 100′ ja 200′ hoch in die Höhe. Die Brandung erschüttert, theilt und zertrümmert hiernach, besonders bei heftigen Stürmen, die festen Ufer-Massen und macht sie abwechselnd leichter und schwerer, hebt sie auf und läßt sie wieder fallen, rollt die schon losen Ufer-Steine auf und ab, zerreibt und zertrümmert sie hiedurch zu Geschieben, Sand und Erde, wovon sie die ersten, und zwar die Steine nur im Bereiche des Meeres, den Sand aber immer weiter aus demselben längs der allmählich ansteigenden Ufer hinauf rollt, die Erde im Wasser vertheilt und getragen mit zurücknimmt und in ruhiger Entfernung von dem Ufer allmählich niederfallen läßt. Daher an jeder Küste die Geschiebe u. s. w. in verschiedenen Höhen, wie nach der Offenheit und Steilheit die Küsten selbst eine verschiedene Beschaffenheit besitzen. Als Beleg von der Furchtbarkeit der Gewalt der Wellenschläge führen wir nach **Hibbert** [2]) an, wie auf den **Shetländischen** Inseln verschiedene Stürme 3 Felsblöcke von 300, 315 und 234 Kubikfuß losgerissen und 18′, 30′ und 150′ weit von der Stelle gerückt haben. Ähnliche Erscheinungen kennt man von den **Orkneys**.

b. Wegen der **Gezeiten** oder der **Ebbe** und **Fluth** vgl. S. 50. Sie können für sich allein, abgesehen davon, daß sie einen oft noch breiten Küsten-Strich der Herrschaft des Meeres unterwerfen, wenig zerstörenden Einfluß auf die Ufer ausüben, solche Stellen ausgenommen, wo deren Form ohnehin steil und deren Materie lose Bestandtheile sind, welche mithin bei jedem Ansteigen und Sinken des Meeres leichter und schwerer werden; — hauptsächlich aber, wenn sie aus leichten vegetabilischen Stoffen bestehen, welche daher vom ansteigenden Meere wirklich getragen und gehoben werden können. Dazu gesellen sich denn noch die durch dieses Benäßen und Abtrocknen bewirkten Abwechselungen von Abkühlung und Erwärmung, Ausdehnung und Zusammenziehung und so dann die endliche Verwitterung auch felsiger Ufer-Wände. Aber weit wichtiger werden die Gezeiten dadurch, daß sie die Ausdehnung der Wirkungen der Brandung auf viel höhere und breitre Küsten-Striche möglich machen. Endlich ist die Fluth in so ferne zu berücksichtigen, als sie bei ihrem vertikalen Ansteigen auch oft sehr weit horizontal in die Flüsse hinein bemerkbar ist, und den Abfluß des Wassers hemmt. Beim **Ganges** z. B. reicht sie 120 Engl. Meilen

[1]) *l'Instit. 1841*, IX, 154.

[2]) *Descript. of the Shetland-Islands, Edinb. 1822*, p. 527, 528.

weit, in gerader Richtung von der Küste gemessen, nämlich bis zur Spitze seines Delta's. Das wird überhaupt gewöhnlich das ungefähre Ziel der Fluth seyn, indem das Gefälle der Flüsse von da an nur noch unbedeutend seyn kann.

i. Faßt man alle diese Momente zusammen, so erklären sich leicht die oft ungeheuern Zerstörungen, welche das Meer anrichtet, und insbesondere die nachfolgenden Erscheinungen.

α. Das fortdauernde **Einbrechen des Meeres** in's Land, wo seine Ufer nur aus losen Sand- und Erd-Anschwemmungen oder Schiefern des Lias u. s. w. bestehen, welche bei heftigeren Stürmen von der Seite des offenen Meeres her unterwaschen werden und fortwährend nachstürzen, indem sich hiedurch senkrechte Hochufer und an deren Fuße im Bereiche des gewöhnlichen Wellenschlages ein allmählich abfallendes Vorland bilden, welches aber durch Abwaschen wieder immer mehr schwindet, so daß das Meer dem Hochufer abermals näher rückt und es immer wieder von neuem bedroht, und es somit allmählich, ja plötzlich, ganze Orts-Gemarkungen verschlingt. Lyell berichtet ausführlich über eine große Menge solcher Fälle längs der ganzen Ost- und Süd-Küste Schottlands und Englands [1]). Thebesius über andere an der Pommernschen Küste [2]), Lyell über solche an der Holländischen und Dänischen Küste [3]). Während dessen bleiben aber solche benachbarte Ufer-Stellen unverkehrt, welche eine von der der Stürme abgekehrte Richtung besitzen, oder durch vorliegende Untiefen gegen die Wellen geschützt sind. Werden hiebei Landzungen durchschnitten, so entstehen **Inseln** u. dgl. Solche fortdauernde Einbrüche des Meeres in's Land finden u. A. längs einem großen Theile der Südseite der Ostsee und an vielen Stellen der Englischen Küsten statt, wo ganze Orts-Gemarkungen allmählich verschwunden sind.

β. Diese Untiefen und Sandbänke unter dem Meere selbst sind veränderlich, und damit wechseln Zeiten der Angriffe und der Ruhe an den nämlichen Küsten-Strecken. Als ein Beispiel statt vieler führen wir nach Lyell [4]) an, daß andringende Strömungen des Meeres eine Sandbank bei Yarmouth, welche 1822 nur 4' tief Wasser hatte, bis zum J. 1836 in ansehnlicher Breite bis auf 65' Engl. tief durchbrochen hatte.

γ. Den Fall vorhandener Strömungen ausgenommen, hat in den größeren Meeres-Tiefen die abnehmende Wellen-Bewegung der Wasser mehr die Folge den Boden zu nivelliren, als zu zerstören.

δ. Findet das Meer in der Höhe seiner Brandung eine lose Sand-Schichte überdeckt von zusammenhaltenden Thon-Schichten oder Torf-Lagern oder festeren Gesteins-Schichten über dem Meer, so wäscht und spühlt es nach Lyell leicht den tieferen Sand theilweise heraus und veranlaßt hiedurch das Einsinken jener zusammenhängenden Schichten in ganzer Masse bis unter den Meeres-Spiegel (manche **untermeerische Wälder**, obschon die Auswaschung längs dem See-Rande viel schneller geschehen und

---

[1]) *Principles* I, 263—284. — [2]) Jahrb. *1839*, 358.
[3]) *Principles* I, 285—290. — [4]) *Elements of Geology*, 307.

das hier zuerst erfolgte Einsinken der darüber ruhenden Schichte die weitere Erstreckung des Auswaschungs-Prozesses hindern muß), oder das stückweise Ablösen und Nachstürzen der nämlichen, wie der festeren Gesteins-Schichten.

ε. Brandet das Meer an festen Gesteins-Wänden, so wird es theils in die Klüfte des Gesteins hineinschlagend solche zu oft sehr ausgedehnten Höhlen erweitern [1]), von losen oder leicht zerstörbaren Einfüllungen reinigen, die hiedurch getrennten Blöcke von allen Seiten umtoben und endlich aus ihrer Lagerstätte in die Tiefe hinabstürzen, um wieder andere angreifen zu können; bald weichere Gegenden in der Gesteins-Masse auffinden und zerstören und sich Wege tief hinein in die Fels-Wände öffnen, worin die nun unaufhörlich zusammengezwängten Wogen die gewaltsamsten Zertrümmerungen auf die härtesten Gesteins-Massen veranlassen müssen (man sieht solche ausgefressenen Höhlen an vielen felsigen Küsten), bald, sey es auf mechanische Weise oder durch die chemische Wirkung seines Salz-Gehaltes, weichre Mineral-Bestandtheile zusammengesetzter Felsarten zwar allein zerstören, aber eben hiedurch den Zusammenhalt des Ganzen aufheben und sein Zerfallen zu Sand und Grus bewirken. In allen diesen Fällen ist die unmittelbare Thätigkeit des Meeres zwar nur auf die Nachbarschaft seiner Oberfläche gerichtet; allein da Felsen-Ufer oft senkrecht bis 100′ und 1000′ Höhe ansteigen, so müssen nach der freilich nur langsamen Unterwaschung die furchtbarsten Nachstürze der ganzen Ufer-Höhen folgen. — Wirkungen solcher Art, wo das Meer bis 20′ mächtige und bis 200′ lange Gänge weicherer Gesteine aus den härteren Urgesteinen herausgewaschen und so den Zusammenhang des letzten zerstört hat, um es in lose Blöcke oder in verschiedene **Inseln** zu trennen, berichtet Hibbert [2]).

ζ. Festes Gestein kann an senkrechten und überhängenden Fels-Wänden über dem unruhigen Meere sich erhalten; und so gibt es auch **Böschungen**, in welchen selbst ein ganz loses Material vom Wasser unangegriffen liegen bleibt. Sie hängen von der Eigenschwere und der Form dieser Materialien einerseits, von der Gewalt der Wasser-Strömung anderseits ab; zwischen diesen Extremen liegen alle Mittelstufen. Bei den geologischen Bildungs-Prozessen des Wassers wird davon mehr die Rede seyn. Hier nur einige Beobachtungen.

Nach C. Prévost [3]) war das untermeerische Gefälle der unmittelbar zuvor entstandenen vulkanischen Insel Julia im Aug. 1831 nach den Sondirungen des Kapitän Woodhouse meistens geringer als 30°, und nur in einem Falle über 45°, nämlich = 49°. Da es einen Monat später bei den am 31. Sept. 1831 unternommenen Sondirungen der Brick la Flèche im Durchschnitte größer befunden worden (wenn dieß nicht von der nur nach dem Augenmaße unternommenen Schätzung der horizontalen Abstände und, bei größrer Tiefe, daher rührte, daß das bewegte Boot das Seil der Sonde nach sich zog), so findet C. Prévost gerade darin einen Beweis, daß die

---

[1]) Russegger beschreibt im Jahrb. *1840*, 197 solche Höhlen von Glimmerschiefer auf Thermia und Polinos.

[2]) in seiner *Description of the Shetland Islands*, *Edinb. 1822*.

[3]) Jahrb. *1838*, 456.

Insel aus losen Materialien bestehe, nachdem Arago aus der Steilheit der Abfälle der letzten Messungen allein auf eine feste felsige Zusammensetzung geschlossen hatte. Die wichtigsten Ergebnisse sind folgende [1].

Abstände von der Küste der Insel.		Tiefen d. Meeres.	Mithin Abfall seines Bodens von der Küste an berechnet.
40 Toisen	N.	52 Ellen	47°25
20 „	N.O.	46 „	62°50
30 „	O.	52 „	55°33
30 „	S.S.O.	50 „	54°25
30 „	S.S.W.	50 „	54°25
30 „	W.	42 „	49°33
30 „	N.W.	45 „	51°33

Eine andere Reihe von Sondirungen zeigt jedoch, daß dieser Abfall nicht gleichmäßig, sondern um so schwächer ist, je weiter man sich von der Küste entfernt, und macht daher wahrscheinlich, daß er um so stärker seye und vielleicht bis zu 70° oder 75° zunehme, wenn man der Küste (bis auf 8 — 10 Toisen) näher komme. — In keinem Falle hätten ganz lose Materialien diese Steilheit im bewegten Meere behaupten, oder gar sie in Monats-Frist sich selbst bilden können; ihre Veränderlichkeit zeigt aber auch, daß sie nicht von sehr festem Gesteine veranlaßt worden.

k. Eine historische Zusammenstellung der Erscheinungen an Deutschlands Nordküste findet man von Berghaus und von Thebesius im Jahrbuche [2]; fernere reiche Zusammenstellungen hieher gehöriger Thatsachen in v. Hoff's Geschichte der Veränderungen der Erd-Oberfläche [3]; — bei Balbi, wovon eine Anzeige im Jahrbuch [4]; — in Munke's Physik [5], in Lyell's *Principles* und endlich an vielen Stellen des Jahrbuches selbst.

6. Schnee und Eis [6].

§. 73. Nach einem gewöhnlichen **Schnee-Falle** ist als geologisches Agens sein oft plötzliches Schmelzen und die hiedurch bewirkte Vermehrung der Wirkungen von Quellen und Flüssen zu betrachten. Eben so das Aufbrechen des Eises der Flüsse, welches noch insbesondere als Transport-Mittel von größern und kleinern Steinen in Betracht kommt. Die jährlich langewährenden oder gar die andauernden Anhäufungen von Schnee und Eis auf den Hochgebirgen veranlassen Temperatur-Abkühlungen und andere hiedurch bedingte atmosphärische Bewegungen in den tiefern Nachbar-

[1] a. a. O. 454.
[2] *1839*, 108 — 109 und 358 — 362, auch S. 304.
[3] I, 1 — 211 und 462 — 471; III, 255 — 395. — [4] *1832*, 437 — 439.
[5] II, 361.
[6] Vgl. v. Leonhards Geologie und Geognosie (Theil dieser Naturgeschichte) S. 597 — 613.

Gegenden; — sie nähren eine Menge unversiegbarer Quellen und veranlassen das stete Strömen unserer Flüsse und sogar die Zunahme ihres Wasser-Reichthums kurz vor Eintritt der heißesten und trockensten Jahreszeit; — sie veranlassen den Sturz der **Lawinen**, die Zertrümmerung der Felsen, die Verstopfung der Flußbetten, das Aufstauen und endliche Durchbrechen großer Wasser-Massen; — hauptsächlich aber die Bildung der **Gletscher**, welche durch ihre Ausdehnung und ihr Gewicht tieferen Thal-Gegenden zugetrieben die Oberfläche der von ihnen überschrittenen Gesteine abreiben und glätten (**Schliffflächen**), die darauf ruhenden Trümmer noch weiter zermalmen, und die von größeren Höhen herabfallenden Steine und Fels-Blöcke auf ihrem Rücken und in ihrem Innern tieferen Gegenden zuführen, wo sie zerschmelzend solche an ihren Rändern fallen lassen und zu Dämmen (**Moränen**) anhäufen. — Das Eis der Meere endlich drückt im Polar-Gebiete die Temperatur der Nachbar-Gegenden auch im Sommer herunter und, wenn es von Zeit zu Zeit oder alljährlich im Sommer von dem bewegten Meere wieder zertrümmert und fortgeführt wird, dient es den von ihm umschlossenen Felsblöcken als Transport-Mittel (**Umherstreuung der Blöcke**).

b. Eine **bleibende Anhäufung von Schnee und Eis** auf Hochgebirgen oder in Polar-Gegenden oberhalb der **Schneegränze**, d. h. in Gebirgs-Höhen und hohen Breiten, wo der Schnee-Fall im Winter größer als die Austhauung im Sommer ist, hat hinsichtlich des **Klima's** die Folge, daß auch in der wärmsten Jahreszeit benachbarte Landstriche, nach welchen Luft-Strömungen, Winde, über jene hinweggehen, eine nach dem Richtungs-Wechsel oft abändernde, kalte oder feuchtkalte Witterung, daher auch wieder mehr Regen-Niederschläge und eine im Ganzen niedrigere Jahres- und zumal Sommer-Temperatur erhalten. Insbesondere pflegen Länder gerade Tropen-wärts von stärkern Anhäufungen von Polar-Eis gelegen, merklich kälter zu seyn; — auch hat man der kältern Jahres-Witterung solcher Küsten-Länder zuweilen dem gleichzeitig beobachteten ungewöhnlich starken Aufbrechen und Forttreiben des Polar-Eises in der Richtung der Tropen zuschreiben wollen. Vergl. S. 165, c.

c. Das Eintreten von **Schnee-Fall** im Winter statt des Regen-Falls bewirkt die gleichförmige Bedeckung ausgedehnter Landstriche mit starrem Wasser, welches dann im Frühling, falls es durch Regen schnell aufgethaut wird, die Wasser-Menge des letzten und somit alle zerstörenden Erscheinungen des Regens, der Bäche und Ströme vervielfältigt und steigert. Auf diese Weise werden die meisten und Folgen-reichsten **Boden-Erweichungen, Hochwasser, Ueberschwemmungen** u. dgl. veranlaßt und zwar bis zu dem Grade, daß Flüsse sich neue Betten brechen.

d. Das Aufthauen und **Fortschmelzen des Schnees** im Hochgebirge veranlaßt dieselben Folgen sogar für Länder, welche mehrere Breiten-Grade weit von allen Gebirgen entfernt, und für Jahreszeiten, welche völlig trocken sind. Ist dieses in geringen Breiten oder in der Richtung gegen die Tropen hin der Fall, so ist es nicht mit denselben erschwerenden Bedingungen verknüpft, wie unter entgegengesetzten Verhältnissen. Ergießen sich aber die Ströme in solchen höhern Breiten, wo sie selbst noch im Winter gefrieren, in langem Laufe gegen die Pole hin, so kann es geschehen, daß ihre Anschwellungen und das Aufbrechen ihrer Eis-Decken im obern Theile ihres Laufes schon beginnen, wenn letzte im untern noch feststeht (wie in Nord-Europa und Sibirien der Fall zu seyn pflegt), das ankommende Wasser und Eis aufstauet und den Fluß nöthigt, sich einen neuen Lauf zu suchen.

e. Bricht die **Eis-Decke der Flüsse**, trennt sie sich in größere und kleinere Tafeln und Blöcke, so werden nicht nur sie selbst, da sie um $\frac{1}{8}$ leichter als das Wasser sind, von diesem fortgetragen und bei Stockungen und Anstauungen des Hochwassers zumal an schief abfallenden Ufern oft weit, ja viele Klafter hoch (vergl. §. 70 e) über den gewöhnlichen und selbst weit über den augenblicklichen Wasserspiegel aufs Land geschoben und abgesetzt, sondern sie tragen eben dahin mit sich auch solche Steine und Felsblöcke, mit welchen sie auf der Stelle ihrer Entstehung entweder durch Herabfallen von höhern Orten beladen worden, oder an ihrer Sohle auf dem Grunde des Gewässers zusammengefroren waren; wenn sie endlich schmelzen, so hinterlassen sie jene Blöcke allein auf sekundärer Lagerstätte. Dieß ist nach Böthlingk [1]) offenbar die Ursache der zum Theile neueren Anhäufung **erratischer Blöcke**, meilenweit von ihrer ersten Stelle, längs einigen Flüssen im Norden von Rußland, hauptsächlich in den einspringenden Bogen derselben, wo sich das Eis jedesmal zu schieben pflegt, wie man noch jährlich beobachten kann. Das Gewicht dieser Blöcke kann nach Obigem bis zu $\frac{1}{8}$ von dem Gewichte der größten Eisblöcke betragen. Und so berichtet Kapitän Bayfield [2]), daß das **Grundeis**, welches jeden Winter auf den Untiefen längs beider Ufer des Lorenz-Stromes in Canada zusammenhängende Massen bildet, so bald es sich im Frühling hebt, eine außerordentliche Menge von angefrornen Blöcken und Steinen mit sich den Fluß hinab nehme und bei fortschreitendem Schmelzen wieder fallen lasse. Es vermag dabei die schwersten Anker der Seeschiffe nicht nur zu heben, sondern sogar von ihren Ketten loszusprengen.

f. Wenn das Thauwetter beginnt, so geschieht es leicht, daß durch Wind und andere zufällige Erschütterungen an steilen mit Schnee bedeckten Berg-Abhängen kleine Schnee-Bällchen sich ablösen, im raschen Herabrollen zu **Lawinen** anwachsen, bei zunehmender Schnelligkeit des Sturzes ganze Felsen zertrümmern, im Grunde der Thäler die Bachbetten verschütten und das Wasser derselben tagelang zurückhalten und hoch aufstauen, bis es endlich diesen Damm übersteigt, rasch durchbricht und nun mit einem die gewöhnliche Höhe und Schnelligkeit weit übersteigenden Laufe sich auf

---

[1]) Jahrb. *1839*, 726. [2]) *Lond. Edinb. phil. Mag. 1836*, VIII. 558.

einmal über die tiefergelegenen Gegenden dahinstürzt und hier die gewaltsamsten Verheerungen veranlaßt, die man je hat durch Wasser entstehen sehen.

g. Die **Gletscher** entstehen in den Hochgebirgen der gemäßigten und den Gebirgen der kalten Zone dadurch, daß die auf dieselben niederfallenden Schneemassen, schon ohnehin vorzugsweise in den Vertiefungen des Rückens der Gebirge zusammengeweht und durch Nachgleiten und zufällige Lawinen-Stürze noch vermehrt, im Sommer durch die Einwirkung der Sonne bei Tage oberflächlich zu erweichen und schmelzen beginnen, bei Nacht aber, nachdem das Schnee-Wasser theils in ihre Masse, theils in kleine Spalten derselben eingedrungen ist, wieder gefrieren, und so in einen Mittelzustand (**Firn** mit seinen nach der Tiefe immer größer werdenden, durch haarfeine Spalten in Folge ungleicher Ausdehnung von einander gesonderten sg. Eis-Krystallen) und endlich in vollkommenes Eis übergehen. In jedem Winter lagert sich eine neue Eis-Schichte auf die alten. So zieht sich der obere Theil der jährlichen Schnee-Masse und der Regen allmählich zwischen die untern Massen hinein, dehnt sich aber beim Gefrieren wieder um $\frac{1}{8}$ des Volumens, welches er bei'm Eindringen als Wasser besessen, aus und treibt dieselben mithin auseinander. Da diesem Auseinandergehen aber von der obern (hintern) Seite der Anhäufung her, außer deren Masse selbst, die Schwere, von den Seiten oft die Fels-Wände der Vertiefung oder des Thales entgegenstehen, so bleibt dann, außer der senkrechten Richtung hauptsächlich nur die vierte oder untere abfällige Seite zur Horizontal-Ausdehnung offen. Da der oberflächliche Theil des Gletschers nicht nur von dem vorrückenden untern mit fortgetragen wird, sondern auch in jenen mehr Wasser als in den tiefern eindringt und ihn ausdehnt, so muß er aus doppelten Gründen rascher als der tiefere voranschreiten. Einiges Schnee-Wasser senkt sich aber auch bis auf die Gesteins-Sohle hinab, verrinnt auf derselben nach der Tiefe, gibt jedes überschüssige Atom Wärme während seines Verlaufes von unten an den Gletscher ab, und bewirkt wahrscheinlich auf diese Weise gemeinschaftlich mit zufällig die Spalte durchdringenden Strömen wärmerer Luft und mitunter von der Erd-Oberfläche selbst ausströmender Wärme in Höhen, wo die Boden-Temperatur noch über 0° ist — jedoch in weit geringerem Grade, als man vor den Beobachtungen von Agassiz [der es ganz läugnet] geglaubt — ein Abschmelzen des Gletschers von unten. Dieses Abschmelzen von unten in Verbindung mit der Schwere bewirkt daher in einigen Fällen ein gelegentliches Fortgleiten (Fortglitschen, daher **Gletscher**); aber jenes Ausdehnen nach unten ein weit wesentlicheres Fortschieben Thal-abwärts bis in eine Tiefe, wo die mittle Jahres-Wärme der Luft und des Bodens hinreichend sind, den Gletscher gänzlich zu schmelzen. Liegen Gletscher-Massen aber in einer Mulde, so schiebt sich deren Sohle durch jene Ausdehnung allein nach allen Richtungen in die Höhe. Es ist oben der Risse und Spalten des Firnes gedacht, in welche das Schnee-Wasser einsinkt. Aber manche von ihnen werden allmählich immer breiter, senken sich tief in den Gletscher hinab, vielleicht um sich später einmal wieder zu schließen. Denn sie öffnen sich divergirend, wenn der Gletscher an eine Stelle

des Thales gelangt ist, wo seine Sohle in der Längen-Richtung eine konvexe Linie beschreibt, und schließen sich wieder, sobald er eine Stelle erreicht, wo die Linie gerade oder konkav wird. — Fallen von größeren Höhen Steine, Sand und Erde auf die Oberfläche des Gletschers, so werden sie von demselben mit ins Thal hinabgeführt, indem die kleinern Steine, mit Sand und Erde, welche fähig sind, sich in der Sonne täglich in einem ihrer Größe und Dichte entsprechenden Grade durchaus zu erwärmen, theils durch Reflexion, theils durch Ausstrahlen der eingesogenen Wärme den Firn neben und unter sich schmelzen und in die Oberfläche einsinken und Vertiefungen bilden, die größern aber vielmehr die Wirkung der Sonne von den sie tragenden Firne abhalten, sein Schmelzen örtlich hindern und daher bald von ungeschmolzenen Firn-Säulen, als sg. **Eis-Tafeln** und **Gletscher-Tische** &c. über die allgemeine Oberfläche emporgehalten werden, bis sie endlich zusammenstürzen, um vielleicht dieselbe Erscheinung zu erneuern. Die Reflexion der Sonne an den seitlichen Fels-Wänden des Thales bewirkt indessen auch dort gewöhnlich ein tieferes Abschmelzen des Gletschers, als in seiner Mitte, daher er hier gewölbt erscheint. Da nun endlich die Verminderung des Firnes an der Oberfläche durch Schmelzen, die Vertikal-Ausdehnung von unten nach oben und die Anfangs erwähnte Horizontal-Ausdehnung desselben vorwärts in den obersten Lagen wegen öftrer und stärkrer Durchdringung mit gefrierendem Schnee-Wasser am stärksten ist, so bringt dieselbe die schon eingesunkenen Steine wieder in diagonaler Richtung längs der Achse des Gletschers aufwärts zum Vorschein, indem sie solche dann am untern oder an den seitlichen Abhängen desselben ausstößt und sie mit den übrigen dort als sg. **Moränen, Gletscher-Wälle** absetzt. — Vereinigen sich zwei Gletscher aus benachbarten Thälern zu einem gemeinsamen größern, so bleiben ihre Grenzen doch im ganzen Verlaufe desselben durch die doppelte Seiten-Moräne zwischen ihnen (**Guffer-Linie**) bezeichnet, welche aber in diesem Falle aus dem bei den Gletscher-Tischen angegebenen Grunde sich allmählich über den übrigen Gletscher erhebt. Die Blöcke der Moräne pflegen bereits abgerundete Geschiebe, die auf den Gletschern selbst ruhenden noch scharfkantige Trümmer zu seyn.

Während dieses an der Oberfläche geschieht, bewirkt das Fortrücken der oft Hunderte und Tausende von Fußen hoch aufgehäuften Eis-Massen ein Abreiben, Ebnen und Spiegel-blankes Glätten sowohl der abschüssigen Thal-Sohle, worauf sie sich beweget, als der seitlichen und oft selbst der überhängenden Fels-Wände, an und unter welchen sie hingleiten, indem die abgedrückten und abgeriebenen harten Gesteins-Trümmer allmählich in ein immer feineres Pulver verwandelt werden, welches wie bei'm Poliren von Spiegeln u. s. w. die vollständige Glättung bewirkt, während die Sandkörner wie eben so viele Diamanten feine Risse, und noch andere gröbre und eckige Trümmer in ihrer Fortbewegung 1''' bis 1'' breite Furchen in diese Spiegel-Flächen einschneiden. Jene Risse und diese Furchen oder Schrammen gehen nicht in der Richtung des stärksten Abhanges, sondern mehr oder weniger schief, je nach der Richtung der Bewegung der Gletscher-Masse im Ganzen.

Die Fortbewegung der Gletscher-Masse erfolgt nur sehr langsam, meistens nur wenige Fuße jährlich, und in Folge dessen müßte auch ihr untres Ende mit den vorliegenden Moränen stets weiter vorangeschoben werden, wenn es nicht durch die wärmere Jahres-Temperatur (von 6°) immer wieder abgeschmolzen würde. Folgen aber einige kühle Sommer aufeinander (im Winter bewegt sich der Gletscher nicht), so rückt das untere Ende des Gletschers mit seiner Moräne allerdings unter seine gewöhnliche Grenze herab, zieht sich aber in auseinanderfolgenden wärmern Jahren wieder zurück, und hinterläßt dabei mehre Moränen hintereinander. Manche Gletscher endigen damit, daß sie unterwärts einen steilen Abhang oder eine senkrecht abfallende Felswand erreichen, über welche sie, im Maaße als sie vorrücken, bald nur nach längern Perioden, bald jährlich und regelmäßig stückweise hinabstürzen. Andre in höheren Breiten gleiten so bis ins Meer hinab, welches dann das Schmelzen des eingetauchten Theiles und das Nachstürzen des darauf ruhenden bewirkt. In diesem Falle bildet sich die End-Moräne unter dem Meeres-Spiegel, während ein Theil der in den einstürzenden Eis-Blöcken festgefrornen Stein-Trümmer von diesen weiter fortgeführt werden.

Wenn man nun solche **Schliff-Flächen** mit ihren Ritzen und Furchen und in Gesellschaft von Moränen an Orten findet, wo heutzutage keine Gletscher mehr sind, noch bei jetziger Temperatur zu bestehen vermöchten, so wie insbesondere auf Gebirgs-Rücken, wo keine Wasser-Ströme denkbar sind, so muß man allerdings daraus, da sich eine andere Erklärungs-Art nicht ergibt, auf das frühere Vorhandenseyn von Gletschern auch an diesen Orten und mithin, wie es scheint, auch auf ehemals niedrigere Temperatur schließen dürfen. Obgleich nun in Europa die wirklichen Gletscher sich auf die Hochgebirge beschränken, hat Agassiz die Spuren der ehemaligen bis tief in die Alpen- und Jura-Thäler herab und selbst nach England und Schottland verfolgt, während durch andre Beobachter wenigstens die Schliff-Flächen längs ganz Skandinavien und der Nord-Russischen Küste [1]) und selbst über den Nordamerikanischen Ebenen [2]) hin beobachtet worden sind.

Die frühere Theorie der Gletscher hat durch die scharfsichtigen Beobachtungen von Venetz, Charpentier und Agassiz kürzlich eine gänzliche Umgestaltung erfahren, wie man theils aus den einzelnen Abhandlungen der genannten [3]) und insbesondere aus Agassiz' so eben erschienenem Werke [4]) entnehmen kann.

Aus der Menge der durch die Gletscher bewirkten Zerstörenden Bewegungen heben wir nur folgende Beispiels-weise aus und verweisen wegen der übrigen auf die Zusammenstellungen in v. Hoff's Veränderungen III, 138 — 148 und in Munke's Physik II, 365 ff.

Am 27. Dezember 1819 stürzte zum vierten Male ein Theil des Weißhorn-Gletschers 9000' hoch neben dem Dorfe Randa an der Visp

[1]) Seftström; Böthlingk im Jahrb. *1840*, 615 ff., 717 ff.
[2]) Dewey, Jahrb. *1840*, 617.
[3]) Jahrb. *1837*, 467, 472; *1838*, 192, 193, 195 (269, 305); *1839*, 324, 377.
[4]) Untersuchungen über die Gletscher, Solothurn *1841*, 8°.

herab und zerstörte es — nicht durch seine fallende Masse unmittelbar, sondern — durch den von dieser veranlaßten Sturm, welcher selbst Mühlsteine mehre Klafter weit forttrieb und noch in ansehnlicher Entfernung die stärksten Lärchen entwurzelte. Die herabgefallene Masse betrug etwa 360 Millionen Kubikfuße, welche eine 0,1 Meile lange und 0,04 Meile breite Strecke bedeckten [1]). Einen verwandten Ursprung mag der zu fürchtende Bergsturz in Graubündten haben [2]).

b. Die Eis-Decke des **Eis-Meeres** [3]) zerbricht alljährlich, die der Ostsee, welche nur in manchen Jahren entsteht, zuweilen in mächtige Felsblöcke, welche dann im Meere umhergetrieben werden und die zuvor darauf gefallenen Steine oder mit ihrer Unterseite, da wo sie auf dem Meeres-Boden aufgesessen, zusammengefrorenen Blöcke bei'm Schmelzen wieder fallen lassen. Ist dieser Aufbruch gewöhnlich mit einer bestimmten Richtung des Windes begleitet und liegen nicht zu entfernte Buchten einem Ufer, wo sich die Eis-Blöcke beladen können, gegenüber, oder treiben See-Strömungen dergleichen in solche zusammen, so können sich darin bald große Massen niederfallender Fels-Blöcke ansammeln, jedoch, im Gegensatze zu den von Flüssen abgesetzten, nur in und unter der Höhe des See-Spiegels. Auch ist es möglich, daß wenigstens stellenweise die noch nicht fest aufsitzenden Eis-Blöcke dieser Art unmittelbar oder durch die an ihrer Unterseite angefrornen Steine eine ähnliche doch unvollkommene Abreibung und Glättung der Ufer-Felsen bewirken, wie die Gletscher. Über die Tragkraft jener Eis-Schollen, welche oft von den Eis-Meeren aus Tropen-wärts getrieben werden, wird man sich eine Vorstellung machen können, wenn man bedenkt, daß manche derselben bis gegen 200' hoch aus dem Meere hervorragen, daß der vorragende Theil aber nur $\frac{1}{8}$ der ganzen Masse beträgt und daß das Gleichgewicht des schwimmenden Eisberges noch größre Horizontal-Dimensionen erheische, als seine Höhe ist. So zählte Scoresby [4]) in 69° und 70° N.B. 500 schwimmende Eisberge, welche 100' — 200' hoch aus dem Meere hervorragten und bis 1 Engl. Meile im Umfang hatten; einige waren mit mächtigen Schichten von Steinen und Erde bedeckt oder durchzogen. Viele trieben von der Baffins-Bay in der Richtung der Azoren. Andre Seefahrer haben dergleichen vom Nordpol kommend bis zum 43° N.B., und vom Südpol kommend bis zum 23° S. B. begegnet [5]).

a. Bildende Thätigkeit neptunischer Kräfte.

1. Atmosphäre.

§. 74. Die Atmosphäre gehört durch ihre Bewegungen zu den wichtigsten bildenden Kräften mechanischer Art. Sie vermag

---

[1]) Gilb. Annal. LXIV, 216 > Munke a. a. O. — [2]) Jahrb. *1836*, 390.
[3]) Über deren angebliches Zunehmen v. Hoff a. a. O. III, 148 — 153 ff. die vorhandenen Nachrichten gesammelt.
[4]) *Voyage*, *1822*, 233.
[5]) *Quart. Journ. of Scienc.* V, 372; — Froriep's Notiz. XXII, 106.

staubartige Stoffe in weite Entfernung, ja Hunderte von Meilen, von ihrer Ursprungs-Stelle fortzuführen, aber auch große Massen Sandes auf langsamere Weise und kürzere Strecken voran zu bewegen. Sie führt den **Flugsand** zuerst von den Küsten landeinwärts, verwandelt ganze Binnenländer durch Bedeckung damit in Wüsten und verschüttet ihre Dörfer und Städte; seltener befreit der Wind fruchtbare Landstrecken wieder von solcher Bedeckung. Die Atmosphärilien vermögen zuweilen sogar, in feuchtheißen Gegenden wenigstens, diesen Flugsand in festen **Sandstein** zu verwandeln und **Breccien** und **Puddinge** dadurch zu bilden.

b. Von weiter Fortführung feinen Staubes hat man einige auffallende Beispiele. Am 14. Mai 1813 fiel nach Legallois zu Idria eine 2″ dicke Lage roth gefärbten Schnees, welche oben und unten von weißen Lagen begrenzt war. Vauquelin analysirte die durch Schmelzen des Schnee's erhaltene rothe Substanz, welche einige Glimmer-artige Theile zu enthalten schien, und fand sie zusammengesetzt aus

Kieselerde . . .	0,368
Alaunerde . . .	0,118
Kohlens. Kalk . .	0,175
Eisen	0,062
Titanium . . .	0,037
Organische Materie	0,240
im Ganzen	1,000,

wobei die organische Materie, da sich auch eine Spur davon im weißen Schnee fand, vielleicht eines andern Ursprungs ist. Das Herkommen dieser färbenden Materie blieb unbekannt [1]). — Am Morgen des 19. Jänners 1824 (?1825) erschien das Takelwerk u. s. w. eines Schiffes in 10° 40′ N. B. und 27° 41′ W. L. von Greenwich, mithin 600 Engl. Seemeilen von der W.-Küste Afrika's, mit bräunlichem Sande dicht bedeckt, welchen der Wind des Nachts aus der Gegend zwischen Gambia und Capverd herbeigeführt hatte [2]). — Noch auffallendere Beispiele der Art liefert die weite Verbreitung mancher vulkanischen Aschen-Regen. — Beim Ausbruche des Vulkans Cosiguina wurde seine Asche 700 Stunden weit fortgetragen. Die Asche des Tomboro auf Sumbava wurde 1813 an 300 Engl. Meilen weit gegen Java und 217 Meilen weit gegen Celebes geführt und bildete im Westen von Sumatra eine 2′ dicke Lage auf dem Meere, so daß Schiffe kaum hindurchdringen konnten [3]).

c. Der feine Seesand, welchen an vielen Orten der Wellenschlag nach der Fluth auf dem Lande zurückläßt oder bei Stürmen auswirft, trocknet ab und wird nun, ein Spiel des herrschenden See-Windes (in Europa und

[1]) Jahrb. *1831*, 482.
[2]) Forbes im *Quart. Journ.* XIX. 362 > *Europ. Magaz. 1825*. 223.
[3]) Lyell *princ.* I, 404.

Nord-Afrika der W. und N.W.) schief am Ufer hinauf getrieben. Von dessen Höhe würde er auf ebenem Boden wahrscheinlich unmittelbar landeinwärts geweht werden; allein das ansteigende Ufer bricht den zunächst auf dem Meeres-Spiegel heranziehenden Wind in aufwärts gehender Richtung (wenn das Ufer hoch und senkrecht ist, in solchem Grade, daß man sich unmittelbar am vorderen Rande neben dem senkrechten Abfalle auch während des stärksten Sturmes in einer Windstille befindet), wirbelt der Sand zum Theile frei in der Luft empor, und gestattet hiedurch die Bildung erhabener Uferwälle, **Dünen**, aus **Flugsand** längs der Küste hin. Die Dünen-Bildung setzt also einen sandigen Meeres-Grund, ein allmähliches Ansteigen desselben nach dem Ufer und eine Richtung des letzten gegen den herrschenden Wind voraus. Bei der Ostsee gibt die unter dem Meere verbreitete Braunkohlen-Formation das Material her: Quarz-Körner, Glimmer-Blättchen, auch Körner von Titaneisen und Granaten. Die Größe der Körner wechselt nach der Stärke des Windes und der Stelle, die sie einnehmen: die größten findet man auf der Höhe der Dünen und wo der Wind den freiesten Zugang hat: 100 der größten, jedesmal an verschiedenen Stellen der Dänischen Küste gesammelt, wogen 666 — 2600 Milligramme; einzelne gröbere Geschiebe finden sich nicht dazwischen. Die Oberfläche der sich bildenden Dünen steigt vom Meere an unter 5° — 10° bis zu ihrem Rücken oder Kamme und fällt von diesem wieder unter einem sehr beständigen



Winkel von 30° (nur auf kleine Strecken zuweilen von 40°) landeinwärts, was also die natürliche Böschung des Flugsandes an gegen den Wind geschützten Stellen zu seyn scheint. (Nach Rondelet füllt die Oberfläche des steilsten Haufens trockenen feinen Sandes unter 34° 5, trockner feiner Erde unter 46° 8, befeuchteter Erde im Mittel unter 50° [1].) Ein zeitweise stärkerer Wind treibt die feineren Sandkörner weiter fort und läßt nur die gröberen zurück, was Mittel zur Unterscheidung einer Schichtung der Dünen bietet, welche gleichförmig zur Oberfläche, jedoch auf der landeinwärts gekehrten Seite mächtiger ist. Weicht aber auch die Richtung jenes Windes von der gewöhnlichen ab, so entstehen während desselben gröbere Bildungen, welche beim Wiedereintritt des gewöhnlichen Windes von feinkörnigen in herrschender Schichtung bedeckt, als Gang-artige Einschlüsse erscheinen. Auf ähnliche Weise entsteht bei wechselnden Verhältnissen zuweilen eine abweichende und übergreifende Lagerung der Schichten. So wirft das Meer zuweilen auch Steine aus, welche aber nicht vom Winde in die Höhe geführt werden, sondern im Bereiche des Meeres mit stärkerem Gefälle liegen bleiben und oft später von der anwachsenden Düne in abweichender Lagerung bedeckt werden. — Tritt ein schwächerer Wind ein, gleichviel aus welcher

[1]) Jahrb. *1838*, 455.

Gegend, so wird die Oberfläche wellenförmig durch lange schmale und bis 1' betragende Erhöhungen und Vertiefungen (welche von denjenigen in nichts verschieden sind, die zugleich durch die nämliche Veranlassung auf ebenen und nur schwach vom Meere bedeckten Flächen des See-Sandes entstehen und während der Ebbe abtrocknen); die spezifisch leichteren Körner sammeln sich auf den Rücken, die schwerern in den Vertiefungen der Wellen, wodurch diese, wenn beide eine so verschiedene Farbe besitzen, wie Quarz und Titaneisen, sehr zierlich und deutlich werden. — Die Höhe der Düne ist abhängig von der Stärke des Windes und der Größe der Körner, und wechselt demnach von 20' — 100' (sie erreicht nach Lyell im Tay 250' — 300') [1]). Eine ausgebildete Düne pflegt durch Längen-Thäler in mehre hintereinander liegende Reihen oder Kämme geschieden und durch unregelmäßige Queer-Thäler wieder in einzelne Kegel und Hügel getheilt zu seyn, so daß sie von Ferne ein eckiges und zackiges Ansehen darbietet. — Zuweilen hört die Fortbildung einer Düne auf; die alte Form und Schichtung wird dann vom Winde angegriffen, welcher neue Schichten vielleicht in abweichender Lagerung daraus bildet. Noch mehr ist dieß der Fall, wenn das Meer selbst, nachdem es sich einen freieren Zugang zum Ufer geöffnet, die vorhandenen Dünen und etwa schon landeinwärts getriebenen Massen des Flugsandes angreift, unterwäscht und einstürzt. Dann bilden sich weit stärkere und oft senkrechte Abfälle gegen das Meer, indem das Geflechte der Sandpflanzen-Wurzeln ihm mehr Zusammenhalt bewahrt; ruhet er auf einem festeren älteren Boden, so können jene Steil-Abfälle über 200' erreichen. — Kein Thier bewohnt die Dünen, als einige Kaninchen, und zuweilen verzehrt ein Strandvogel, gewöhnlich ein Austernfresser (Haematopus), seine in Mollusken bestehende Nahrung, deren leeren Schaalen übrig bleiben und so gelegentlich von den Dünen eingeschlossen werden. Pflanzen wachsen wenige auf deren Rücken, obschon man in 1' Tiefe schon durch Haarröhrchen-Anziehung aufgestiegenes Wasser findet; aber die Thäler dazwischen sind reich hauptsächlich an Gras-artigen Gewächsen, Elymus arenarius, Juncus- und Scirpus-Arten. — So bieten die Dünen Schichtung, Gänge, Wellenflächen und eingeschlossene meerische Fossil-Reste, welche man nur bei Niederschlägen aus dem Wasser zu erwarten pflegt, und einen bedeutenden Schichten-Fall, den man gewöhnlich einer Hebung zuschreiben würde. Hinter ihnen liegen oft kleine, der Torf-Bildung günstige Wasser-Becken [2]).

d. In den Nordafrikanischen **Sandwüsten**, Hunderttausende von Quadratmeilen großen Ebenen, welche nur von 100' — 300' hohen Hügeln durchzogen werden — wird der bei Damiette und Alexandrien vom Meere ausgeworfene **Flugsand** durch N.- und N.W.-Winde landeinwärts und dann von andern Winden in allen Richtungen einher getrieben. Nur in Vertiefungen des Tennen-artigen Bodens sammelt er sich auf bleibende Weise an; um Sträucher schüttet er sich in Form von Kegeln auf, aus deren vertieften Spitzen einige Zweige hervorragen; vor Felswänden legt

[1]) *Principles* I, 300. — [2]) Forchhammer im Jahrb. *1841*, S. 1 — 20.

er sich als ein paralleler Wall, der durch das Widerprallen des Windes jedoch stets von ihnen getrennt bleibt; hinter emporstehenden Felsen sammelt er sich wie ein langer Schweif oft bis von 100′ Höhe in der Richtung der N.- und N.W.-Winde an. Wenn aber auf kurze Zeit heiße S.W.-Winde eintreten, so greifen sie diese Ablagerungen von der Seite an, wo sie nicht geschützt sind, und erfüllen die Luft in dem Grade mit feinem heißen Sande, daß sie Nebel-artig aussieht, und nicht selten führen Wirbel den Sand bis zu 100′ Höhe in die Luft empor [1]). Erreichen bewegte Sand-Massen dieser Art ein fließendes Gewässer, so pflegen sie zwar, im Verhältniß als sie hineingeweht werden, auch mit fortzufließen; Becken und Arme stehender Wasser aber füllen sie allmählich, und bei Stürmen auf große Strecken hin plötzlich aus, wie Forchhammer von einem 16′—20′ tiefen Meeres-Arme an der Dänischen Küste, dem Liimfjorde, aus dem Jahre 1825 berichtet [2]), und wie vom Aral-See und Kaspischen Meere bekannt ist. Trockenes Land entsteht dann, wo ein Meer oder Sumpf gewesen, und Inseln werden mit dem Festlande verbunden. Organische Körper, vom trocknen Lande, von Süß- oder von See-Wassern erzeugt, werden auf dem Boden liegend vom Flugsande überdeckt und eingeschlossen, ja ganze Dörfer und Städte sind so verschüttet worden. Aber auch auf Ebenen rücken die bis über 20′ hohen Hügel von Flugsand oft andauernd voran. Dieß sind Erscheinungen, welche längs der ganzen Südseite der Ostsee, in Preußen und Dänemark [3]), in Holland, an vielen Orten Englands, an der Westküste Frankreichs und in ganz Nord-Afrika, auf Neuholland [4]) in ausgedehntem Maaßstabe eintreten, sofern ihnen nicht künstliche Mittel entgegengesetzt werden. Man findet vollständigere Zusammenstellungen der historischen Thatsachen in Muncke's Physik [5]); in Lyell's *Principles of Geology* u. a.

e. Die Erscheinungen des Flugsandes fand Peron [6]) auf den N.W.-, W.- und S.-Küsten Neuhollands und der benachbarten Inseln wieder am Strande, wie im Innern und auf den Höhen des Landes, in einem Raume von 25 Breite- und Länge-Graden. Auf Granit und älteren Sandsteinen der Küste befindet sich eine mehr oder minder dicke Schicht eines sehr feinen, weißen, grauen oder röthlichen Sandes aus Quarz- und Kalk-Theilen, welcher auf mehren Punkten Ketten erhabener Dünen bildet und, vom Winde landeinwärts geweht, dort das Gebüsche und selbst die höchsten Bäume überdeckt, sich überall anhängt und unter gewissen Umständen binnen wenigen Tagen erhärtet. Von diesem Flugsande ist die Mehrzahl der sekundären **Sandsteine** und damit verbundenen **Breccien** und **Puddinge** der Küste abzuleiten. Er umschließt in Masse oder inkrustirt als Staub anhängend ganze Bäume, Äste, Blätter, Knochen, Konchylien und selbst die Exkremente der Beutelthiere. Peron nimmt an, daß die

---

[1]) Ehrenberg, Jahrb. *1834*, 355 — 358. — [2]) Jahrb. *1841*, 11.
[3]) Forchhammer, Jahrb. *1841*, 27, 28.
[4]) Peron, Entdeckungs-Reise in Australien, Weimar *1819*, II, 189, 271 ff.
[5]) II, 359 — 360. — [6]) a. a. O.

unermeßliche Menge mit dem Seesande ausgeworfener Konchylien durch mechanische Reibung und chemische Einwirkung durchdringender Feuchtigkeit und glühender Sonne in Staub zerfalle, einen Theil ihrer Kohlensäure [?] verliere und so mit dem Quarz-Sande der Dünen, von Wind und Wellen zerstäubt, ein erhärtendes Zäment zu bilden fähig werde, ähnlich unserem Mörtel. Er glaubt eine Bestätigung dieser Theorie darin zu finden, daß auf Timor, dessen Sand fast ausschließend kalkig, und von der ganzen besuchten Küsten-Strecke Neuhollands allein am König-Georgs-Haven, wo der Sand fast ausschließend quarzig ist, solche erhärtete Sand-Bildungen nicht vorkommen.

2. Regen-Wasser.

§. 75. Wenn das an der Oberfläche des Bodens verrinnende, mit gröberen und feineren Steinen und Erden beladene Wasser heftiger Regengüsse an ebenere Orte gelangt, so läßt es dieselben in Ermangelung genügender Stoßkraft um so leichter zurück, als es nicht in geschlossene Betten eingezwängt ist, und nimmt nur etwa die feineren Theile bis in die Bäche u. s. w. mit fort. Doch bemerkenswerther ist wohl die allmählichere aufschlämmende Wirkung des Wassers von gewöhnlichen Regen am Fuße der Berge, wodurch Sand-, Erd- und Landschnecken-Ablagerungen, insbesondere **Löß**-ähnliche Bildungen und die am Fuße aller Berg-Abhänge gewöhnlich auffallende Anhäufung der leichten Dammerde bewirkt werden. Alle diese Ablagerungen der Regen-Wasser pflegen sich durch den Mangel geregelter Schichtung auszuzeichnen.

b. Wie die manchfaltigen Berg-Gestalten und Thal-Einschnitte, in deren Grunde keine bleibenden Bäche verlaufen — wovon man nirgends ein reicheres Bild als im subapenninischen Hügel-Lande sieht — als Erzeugniß von Regenwassern zu betrachten sind, so auch alle Ausfüllungen solcher Thäler, welche nach der Entstehung der letzten abgesetzt worden.

c. Eine eigenthümliche Bildung aus abgeschwemmten Erd-Theilen mit einer unzähligen Menge von Schnecken-Schaalen der umherwohnenden Arten fand ich vor einigen Jahren am Fuße von Muschelkalk- und Löß-Hügeln, auf einem Mulden-artigen Wiesen-Grunde zwischen Gras, zu Spechbach bei Neckargemünd abgesetzt. Sie mag am meisten zur Erklärung der Löß-Bildung beitragen.

d. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß am Fuße der Berg-Abhänge da, wo solche sich wieder zu verflächen beginnen, die reichsten Humus-Ablagerungen vorkommen und die Fruchtbarkeit des (wilden) Bodens sehr zunimmt.

e. Finden die abschwemmenden Regen-Wasser auf ihrem Wege offene Mulden und Klüfte vor, so füllen sie solche mit den von ihnen fortgeführten Materialien unorganischen wie organischen Ursprungs aus (**mechanische Gang-Ausfüllung** von oben), doch mit mancherlei Abwechselungen. Oft

ist der Eingang enge und dann kann die Ausfüllung auch nur aus feinen Materialien bestehen. Oder dieser ist hinreichend weit, aber am Grunde der Kluft finden sich feine Abfluß-Öffnungen, so bleiben nur gröbere Körper in derselben zurück. Oder diese Öffnungen fehlen, und dann sammelt sich gröbre und feinere Materie ohne Richtung und Schichtung in der Kluft an.

3. Boden-Wasser und Quellen.

§. 76. Die mechanischen Bildungen der unterirdischen Wasser-ströme und Quellen bestehen sowohl in der allmählichen Verschlämmung und Ausfüllung mancher unterirdischen Kanäle, Spalten (mechanische **Gang-Ausfüllungen**) und Höhlen durch eingeführte Erde, Steine und Knochen ꝛc., als wieder in losen erdigen und sandigen Absätzen, die sie aus den mit heraufgebrachten Stoffen zu Tage bilden. Ähnlicher Art sind die chemischen. Wenn die Quellen bei ihrer Annäherung zu, oder bei ihrem Erscheinen an der Erd-Oberfläche und bei nachlassendem Luft-Drucke die Wärme und die Kohlensäure entweichen lassen, durch welche sie im Stande waren in der Tiefe Mineral-Stoffe aufzulösen, so müssen sie auch diese letzten absetzen, was denn hauptsächlich bald in Klüften fester, bald in Zwischenräumen lockrer Gesteine, bald auf der freien Oberfläche geschieht, wodurch chemische **Gang-Ausfüllungen** gebildet, lose Materialien zu festen Gesteinen gebunden oder **zämentirt**, auch ganz neue **Gesteine**, hauptsächlich lockere **Tuffe** und krystallinische **Sinter** gebildet, die **Stalaktiten** und **Stalagmiten** der Höhlen abgesetzt werden, welchen allen sich andere Gesteins-Trümmer, Knochen, Schnecken-Schaalen, Blätter ꝛc. zufällig einmengen können. Die abgesetzten Mineral-Stoffe sind hauptsächlich kohlensaurer Kalk, auch wasserhaltiger schwefelsaurer Kalk oder Gyps, Eisen-Verbindungen und Kieselerde. Diese Niederschläge können ebensowohl auf trocknem Lande, als am Grunde von Flüssen und Teichen und auf dem Meeres-Boden entstehen und in letztem Falle durch zufällige Aufnahme von Meeres-Produkten als **gemischte Bildungen** erscheinen. Obschon sie zuweilen Spuren eines periodischen Anwachses zeigen, so besitzen sie doch keine geregelte Schichtung. Die geologischen Bildungen der manchfaltigen **Mineral-Quellen** sind nicht ohne Belang, da solche häufig über die ganze Erd-Oberfläche zerstreut sind.

b. Als Muster mechanischer Ausfüllung der Gang-Spalten von oben, wie aus dem Innern der Gebirge durch Quellen bewirkt, können viele der

im Urgebirge von Pont-Gibaud dienen, welche mit Trümmern benachbarter Gesteine, mit erdigen und metallischen Stoffen erfüllt sind, die oft in feiner Vertheilung und unmittelbarer Berührung miteinander vorhanden sind, ohne nach ihrer Affinität sich gegenseitig zersetzt zu haben. Nur die von oben eingeführten Gesteins-Theile haben Zersetzung beim Kontakte erlitten, da sich in den Talkschiefer-Stücken Speckstein in Trümmerchen und Nierchen ausgeschieden, Talk und Glimmer andrer Schiefer sich in graue schmutzende Materie und der Feldspath des Granites in Kaolin verwandelt hat [1]).

c. Muster von mehr oder weniger vollständiger Ausfüllung unterirdischer Höhlen durch mechanische Zuführungen der Quellen, welche diese bei Verengerung ihres Rinnsales oder hauptsächlich bei wieder ansteigender Richtung desselben dort zurücklassen müssen, liefern uns viele Lütticher, manche Fränkische, Südfranzösische und andere **Knochen-Höhlen**, in welchen die Knochen entweder mit den übrigen Absätzen durch die Quellen von außen hereingeführt, oder innen einzeln oder mit Anschüttungen vorgefunden und nur umgewühlt und mit jenen durcheinander geworfen seyn können. So sind in solchem von Süßwasser-Quellen eingeführten Sande, welcher als marines Erzeugniß zuerst außer der Höhle abgelagert gewesen, auch die in demselben enthaltenen Haifisch-Zähne mit Schaalen noch in der Gegend lebender Schnecken und mit aus den Wänden des Höhlen-Gesteins abgelösten alten Petrefakten zusammengeführt und zusammengeschichtet gefunden worden. Zuweilen bedecken die eingeführten Schutt-Massen nur Mulden-förmige Vertiefungen im Boden der Höhlen, weil sie hinreichenden Abzug mit dem Wasser fanden; zuweilen füllen sie die Höhlen bis zur Decke an, wo jenes nicht der Fall gewesen.

d. Muster von Quellen, welche losen Sand hauptsächlich aus Trümmern tertiärer Konchylien zu Tage fördern, kommen in Franken vor.

e. Salzige Bestandtheile setzen die Quellen ihrer großen Löslichkeit wegen selten ab, und der nächste Regen pflegt diese Bildungen wieder zu zerstören.

f. Hat kohlensaures Sicker-Wasser auf seinem Wege durch den Boden Kalk-Theile aufgenommen und gelangt tiefer an die Decke einer Höhle, so rinnen die einzelnen Tropfen längs der Wände hinab oder an allen weiter hinabhängenden kleinen Vorsprüngen der Decke hinunter, verdunsten theilweise und lassen ihre freie Kohlensäure verdunsten, und setzen dabei ihren kohlensauren Kalk an den Wänden und den Vorsprüngen sehr langsam ab und zwar in einer um so mehr krystallinischen Form weißlichen **Arragonites** und vielleicht auch **Kalkspathes**, je langsamer die Verdunstung erfolgt. So entstehen im Verlaufe von Jahrhunderten die **stalaktitischen** Überzüge der Wände und von den Decken herabhängende Zapfen, Säulen, Vorhänge u. dgl. Viele von jenen Tropfen aber fallen auch auf den harten Boden, vertheilen sich dabei durch Zerspritzen in viele kleine nun rasch verdunstende

[1]) Fournet, Jahrb. *1836*, 228.

Wasser-Theile, oder sammeln sich auch in einzelnen Vertiefungen desselben, um dort zu verdunsten, oder endlich sie finden Erd-Schichten vor, in welchen sie wie in einen Schwamm schnell zertheilt und so zur Verdünstung geschickter gemacht werden, wobei dann auch sie ihren kohlensauren Kalk absetzen und allmählich einen **stalagmitischen** Überzug und, da wo fortwährend Tropfen zerspritzen, sich höher und höher erhebende Kegel, Säulen u. dgl. bilden, welche manchmal den von oben herabhängenden begegnen und sich mit ihnen vereinigen, wie man das in allen **Tropfstein-Höhlen** findet. Bildet der Boden ursprünglich oder durch die schon abgesetzten Kalksinter-Theilchen irgendwo ein undurchlassendes Becken oder Mulde, und fallen von bestimmten Vorsprüngen an der Decke die Wasser-Tropfen jedesmal auch in bestimmte Punkte des Wassers der Mulde, so bewegt sich bei jedem Falle dessen Oberfläche von diesen Punkten aus wellenförmig, in kreisförmige Wellen, wie durch das Werfen eines Steines in's Wasser entstehen, welche endlich den von den Nachbar-Punkten ausgehenden begegnen und sich gegenseitig aufheben. Die Kalktheile setzen sich hauptsächlich auf diese Begegnungs-Linien ab und bilden so über dem Boden ein immer höher werdendes Maschen-Werk aus wellenförmig-krausen Kalksinter-Leisten, wie man das Alles insbesondere schön in der Adlersberger Höhle beobachtet [1]). Streuen nun in den Höhlen wohnende Raubthiere Knochen in denselben umher, so werden sie von den Stalagmiten ebenfalls eingeschlossen.

g. Eine große Menge insbesondere von warmen Quellen setzt bei ihrem Erscheinen an der Oberfläche des Bodens sogleich **Kalktuff** und **Travertin** ab, seiner Entstehungsweise wegen weniger rein, weniger krystallinisch und weniger dicht, als der Sinter. Das neue Gebilde umgibt bald die Quelle von allen Seiten und nöthigt sie, damit sie abfließen könne, immer höher anzusteigen, obschon sie sich auch einzelne kleine und größre Abzugs-Kanäle näher am Boden in verschiedener Richtung und Verzweigung länger offen zu halten pflegt. Durch diesen Umstand, durch zufälliges längeres Trockenbleiben einzelner Stellen der Einfassung, durch Einschließung hohler und andrer organischen Körper, welche später zersetzt worden, erklären sich die unreinere Beschaffenheit, die ungleiche unregelmäßig zellige Struktur und die manchfaltigen Abdrücke von organischen Körpern, als Schnecken, Pflanzen-Blättern, Früchten u. s. w. Absätze dieser Art bilden zuweilen hohe Kegel und Säulen, auf deren Spitze die Quelle hervorkommt (in Algerien), — gewöhnlicher aber unförmige Massen, welche inzwischen bis zu ganzen Bergen anwachsen können.

Als Beispiel von der ansehnlichen Mächtigkeit dieser Bildungen kann man die Travertine anführen, welche Strickland als Erzeugniß der 85° C. warmen Quellen zwischen den Bergen Olympus und Broussa in Kleinasien gefunden in einer Ausdehnung von 2 Engl. Meilen Länge bei ½ Meile Breite und 100′ Höhe [2]). Einen Höhenzug längs dem Fuße des

[1]) Meine „Reisen", I, 621—625. — [2]) Jahrb. *1839*, 403.

Serpentin- und Kalk-Gebirges von Lipso in Euböa abgesetzt von den Siedepunkt fast erreichenden Quellen, deren jede aus der Spitze eines Kegels von kohlensaurem Kalk hervorsprudelt, beschreibt Russegger [1]). Andre sehr mächtige finden sich in Toskana. — Der Emser Kalksinter ist gleich dem Karlsbader **Sprudelstein** zusammengesetzt aus kohlensaurem Kalk mit etwas kohlensaurem Strontian, phosphorsaurer Thonerde, Fluor-Calcium, Eisenoxyd und Manganoxyd [2]).

h. Oft sind den Kalk-Absätzen große Quantitäten von Eisenoxyd-Hydrat beigemengt.

i. Zu den interessantesten der bildenden Quellen gehören die **kohlensaures Eisenoxydul haltigen Sauerquellen** des Brohl-Thales, welche nach G. Bischof's Untersuchungen gegen 0,0001 des genannten Stoffes aufgelöst besitzen und wenigstens die Hälfte des Wassers für den Brohl-Bach am Laacher See liefern, welcher täglich 89.856.000 Pfd. Wasser und damit denn auch

täglich . . . . . . 4.367 Pfd. Eisenoxyd,
jährlich . . . . . 1.593.955 „ „
in 1 Jahrtausend 1.593.955.000 „ „ , oder wenn man 1 Kubikfuß Brauneisenstein = 64 × 4 Pfd. setzt, = 6.226.386 Kubikfuß Eisenoxyd fördert und in der genannten Zeit eine eben so viele Quadratfuße (d. i. $\frac{1}{8}$ Quadrat-Meile) haltende Fläche 1′ hoch damit bedecken würde, — wie eine der dortigen Quellen, welche täglich 74.048 Pfd. Wasser liefert, auf dieselbe Weise eine 2″ breite **Gangspalte** von 2.566′ Länge, und Tiefe binnen 1000 Jahren ausfüllen könnte. In der That haben die Quellen der genannten Gegend große, einige Fuß mächtige, **Lager**-artige Massen von kohlensaurem Eisenoxydul oder Eisenspath und darüber von Brauneisenstein oder Eisenoxyd-Hydrat, welches durch spätere Einwirkung der Luft auf den oberen Theil des anfänglich abgesetzten Eisenspathes gebildet worden, an der Erd-Oberfläche abgesetzt, so daß diese Erze bergmännisch gewonnen werden können, während ein anderer Theil derselben eine Menge weit erstreckter Klüfte im Trasse, im Basalte, in Grauwacke u. s. w. ausgefüllt und so Brauneisenstein-**Gänge** in allen diesen Gesteinen gebildet hat. Wahrscheinlich haben die Eisenspath- und darüber Brauneisenstein-Gänge in Grauwacke und Thonschiefer des Siegen'schen einen ähnlichen Ursprung, und so vielleicht überhaupt die meisten Gänge des nämlichen Inhaltes [3]).

k. Von den mächtigen **Kieselsinter-Absätzen** heißer Quellen liefern die Inseln Island und St. Michael die großartigsten Beispiele. Sie sind bereits in der „Geologie und Geognosie" [4]) berichtet.

Ein belehrendes Bild von der Thätigkeit verschiedenartiger, auf einen

---

[1]) Jahrb. *1839*, 691. — [2]) L. Gmelin im Jahrb. *1839*, 706.
[3]) Bischof in Schweigg.-Seid. Jahrb. f. Chemie *1833*, Heft XVI, S. 420 > Jahrb. f. Mineralogie *1834*, 449 ff.; und dessen Wärmelehre 28—29.
[4]) S. 737 u. a.

kleinen Raum zusammengedrängter Quellen liefert Hehl für die Gegend des Weilers Berg in Württemberg [1]).

4. Bäche und Ströme.

§. 77. Im Verhältnisse zur zerstörenden und fortführenden Gewalt der Flüsse steht wieder ihre ansetzende und bildende; wie aber jene im Gebirge, in den obern stärker fallenden Theilen des Fluß-Laufes, so ist diese hauptsächlich in der Tiefe, in den Ebenen und an den Mündungen der Flüsse thätig, wo ihr Lauf aus Mangel an Gefälle oder wegen entgegengesetzter Wirkung des Meeres aufgehalten wird. Da aber alle Flüsse periodisch fallen und steigen, so wird häufig auch an dem nämlichen Orte zu einer Jahreszeit wieder aufgebaut, was zur andern zerstört war, u. u. Die hauptsächlichsten Bildungen der Flüsse bestehen in den theils beständigen und theils periodischen und daher **geschichteteren Anschlämmungen** und **Auffüllungen** ruhigerer Theile ihres Bettes und der von ihnen überschwemmten Ebenen, in der Absetzung meistens sehr vergänglicher **Inseln** im mitteln und untern Theile ihres Laufes, und in der Aufschüttung von mehr beständigen **Schuttkegeln** und **Delta's** an ihren Mündungen, welche allmählich sehr beträchtliche Ausdehnungen erlangen können, die Flußbetten oft gänzlich verstopfen und, in beständiger Zurückdrängung des Meeres begriffen, nicht seltene Beispiele der Wechsellagerung wie der Aneinanderlagerung von Fluß-, Sumpf- und Meeres-Niederschlägen und von Vermengung der Erzeugnisse des trockenen Landes und der drei genannten Wasser-Gebiete liefern. Bei diesen Bildungen verdient die Größe und Menge der bildenden Elemente, ihre **Schichten**-weise Abwechselung, die Neigung der Ebene, in welcher sie sich absetzen (**Schichten-Fall**), die natürliche Böschung, worin sie dem Andrange neuer Gewässer widerstehen, die **Schichten-Krümmung**, die Erscheinungen bei Änderungen des Flußlaufes u. s. w. noch besondre Betrachtung.

b. Die von Flüssen fortgeführten und abzusetzenden Materialien bestehen in Blöcken, Geschieben, Kies, Sand und Schlamm, von welchen die ersten gerollt, der letzte getragen werden. Je weiter von der Ursprungs-Stelle, desto feiner sind dieselben.

c. Von der Größe der fortgeführten Geschiebe im Verhältniß zum Gefälle und zur Stoß-Kraft der Flüsse war schon §. 70, 1 die Rede; es ergibt

[1]) Jahrb. *1838*, 137.

sich daraus die Gegend des Flußbettes, wo sie aus Mangel an Stoßkraft endlich liegen bleiben müssen. Da indessen die Stoßkraft mit dem Steigen und Fallen des Flusses ebenfalls zu- und ab-nimmt, so wird man da, wo sich Niederschläge fortwährend bilden, auch die Größe der niedergeschlagenen Materialien von unten nach oben zu- und ab-nehmen sehen, während diejenigen, welche sich gleichzeitig nebeneinander abgelagert haben, auch auf großen Strecken hin, so weit die Stoßkraft keine lokale Veränderung erfährt, einander ziemlich gleich bleiben. So bilden sich **Wechsel-Lager** verschiedener **Schichten** aus Geschiebe, Sand und Erde, welche das weitere Studium der Bildungsweise der Erd-Schichten sehr erleichtern. Aber auch in ganz sandigen Schichten wird deren Abtheilung oft durch Glimmer-Blättchen angedeutet, da sich diese langsamer als feiner Sand zu Boden setzen. Sind die Wechsellager Erzeugnisse verschiedener Jahreszeit, so können sie dienen zur Bestimmung der Bildungs-Dauer einer Formation.

d. Die bleibenden Niederschläge der Flüsse vertheilen sich nicht allmählich auf die Erstreckung ihres Bettes, im Verhältnisse wie Gefälle und Stoßkraft geringer werden; sie sind vielmehr darin wenigstens während der Anschwellungen der Flüsse in beständiger Bewegung vorwärts und gelangen nur da zur Ruhe, wo örtliche Ursachen es veranlassen. Solche Ursachen sind die Verbreitung des Wassers in Buchten und Arme, welche durch Untiefen oder Wälle (**Altwasser**) vom eigentlichen Strome getrennt oder ihrer Lage nach wenigstens seiner rascheren Strömung entrückt sind, — eine streckenweise stärkere Abnahme des Gefälles, — und hauptsächlich der Eintritt in einen stärkeren Fluß, dessen Wasser langsamer zu fließen pflegt (**Schuttkegel**), — oder der Eintritt in's Meer, welches gar nicht fließt und dessen Bewegungen sogar oft dem einströmenden Flusse entgegenwirken und eine Verstopfung seiner Mündung, eine Theilung in mehre Arme durch Bildung von Untiefen und Inseln und einen öfteren Wechsel seines Laufes veranlassen (**Schuttkegel, Delta-Bildung**). Übersteigen die anschwellenden Flüsse aber ihre geschlossenen Betten, so erreichen sie oft sehr flache und breite Ebenen, wo ihr Wasser, je weiter es sich von dem eigentlichen Flusse an ausdehnt, desto langsamer zu fließen und Erd-Theile abzusetzen pflegt, die es anderwärts bei stärkerer Strömung mit fortgenommen hatte (**Anschlämmungen** des Nil u. s. w.). Erhärten solche Schlamm-Niederschläge bevor wieder neue ein Jahr später sich absetzen, verändern sie sich vielleicht oberflächlich in ihrem chemischen und sonstigen Bestande, so entsteht eine **Schichten-Theilung**, deren Zahl der Zahl der Jahre entspricht.

e. Im Grunde kleiner Bäche bleiben beim allmählichen Rücktritt von ihren Anschwellungen immer Sand-Anschüttungen zurück, welche durch das Brechen ihres Stromes an manchfaltigen Ecken und Steinen ihrer überall nahen Ufer eine besondre Oberflächen-Gestalt annehmen, die sich am kürzesten durch eine Zeichnung versinnlichen läßt.



f. Fällt ein kleinerer Fluß in einen größeren, so veranlaßt zuweilen der Zusammenstoß des Wassers, wenn sich ihre Richtungen mehr oder weniger entgegengesetzt sind, was aber nie lange währt, da der größre Fluß den kleinern **nachzieht**, — fast immer aber die plötzliche Abnahme des Gefälles mit dem Eintritte in den größeren, das Liegenbleiben eines Theiles des vom kleinern mitgeführten, hauptsächlich des gröbsten Materiales, der Blöcke und Steine, in Form einer gegen die Zusammenmündung hin spitzen, abwärts aber breiter werdenden (daher **Schuttkegel** genannten) Untiefe, die sich öfter auch zur Insel erhebt, und hinter welcher in ruhigerem Wasser dann auch sandige und erdige Stoffe sich ansammeln.

g. Fällt ein Fluß aber in's Meer oder in einen See, so ändern sich die erwähnten Verhältnisse in so ferne, als damit der bisherige Boden des Flusses sich plötzlich zu vertiefen pflegt, während die Strömung des Flusses ganz aufhört und das tägliche Ansteigen der Fluth und die Wellen zeitweiliger Stürme ihr sogar noch entgegenwirken. Die letzten Ursachen veranlassen den gänzlichen Niederschlag aller vom Flusse mitgeführten Stoffe und daher einen beschleunigten und ansehnlichern Bildungs-Prozeß; die erste verlangt einen größeren Aufwand an Bildungs-Material zu Formirung des Schuttkegels, welcher hier gewöhnlicher **Delta** genannt wird. Doch gibt es auch Flüsse, welche an ganz offenen Küsten in den Ozean eintreten, wo Strömungen (§. 72 d) und der Andrang der Fluthen (§. 72 h) höchstens die Ablagerung gröberer Steine, falls solche Flüsse deren mit sich führen, aber keine ausgedehnte Delta-Bildung gestatten. — Die gerollten Materialien pflegen sich, so lange die Ruhe des Wassers es erlaubt, in von der Einmündung an abfallenden, die erdige Theile außen im Meere in horizontalen Schichten niederzuschlagen.

h. Die Ablagerung der Materialien setzt eine nicht zu starke Neigung der Fläche (**Schichten-Fall**) voraus, welche dieselben aufnehmen soll: eine um so geringere, je feiner jene Materialien sind. Man hat darüber einige künstliche Versuche angestellt und Beobachtungen in der Natur gemacht.

Nach der Erfahrung der Ingenieure bildet sich ein loser reiner oder nur wenig thoniger Sand längs eines gerade aus und höchstens 4′ in der Sekunde fließenden Stromes eine nicht nachstürzende **Böschung** von 10°—15° [1]).

Rozet nagelte auf ein Brett 8 kleinre so, daß immer eines stärker als das andere darauf geneigt war, stellte es in eine große Badewanne,

[1]) Gefäll. Mittheilg. meines Freundes, des Ingen. Hrn. Lorenz dahier.

ließ diese mit Wasser füllen, das Wasser stark in Bewegung setzen und nun Geschiebe von 0m01 Durchmesser an abwärts, Sand, Garten-Erde und Mais-Mehl hineinstreuen. Diese Materien setzten sich nach ihrer absoluten und spezifischen Schwere geordnet übereinander, die Geschiebe zu unterst; ihre Oberfläche wurde wellenförmig und zwar um so stärker, je dicker die auf jedem Brette abgesetzte Schichte war. Die Dicke der Schichten betrug wie folgt

Brett. Nr.	Neigung.	Dicke der Schichten.	Ausdehnung des Niederschlages auf dem Brett.		Bemerkungen.
1	0°	0m03—0m015	bedeckt		Geschiebe zu unterst.
2	7	0,006	"		
3	9	0,004	"		
4	15	0,003	"		
5	19	0,003	"		
6	30	0,001	"		
7	34	. . . .	½ bedeckt	sehr ungleich	keine Geschiebe mehr.
8	37	. . . .	¼ "		

Woraus Rozet folgert, daß sich regelmäßige Niederschläge bis zu einer Neigung der Fläche von 30° noch bilden können; daß mit zunehmender Neigung die Dicke der Schichten abnimmt; daß minder schwere (feinre) Körper sich auf geneigteren Flächen halten und Geschiebe sich noch bei 15° in regelmäßige Schichten lagern [1]). Die Natur verfährt aber anders; indem bei ihr weder ein glattes kleines Brettchen bereit gehalten, noch die Geschiebe darauf gestreut, sondern gerollt werden. Nach Saussure und de Collegno würde bei einem größeren Experimente dieser Art die Schichte auf jedem solchen Brette von oben nach unten an Dicke zugenommen haben [2]).

De la Beche [3]) leitete einen Bach in ein Bassin, und dieser führte seine auf dem Boden fortrollenden Geschiebe in das tiefere Becken hinab, wo sie, der weitern Stoßkraft des Wassers entrückt, sich in gegen das Becken geneigte Schichten ordneten [4]). Wenn nun, sagt er weiter, der Bach zugleich schwebende Schlamm-Theile in's Becken hineingetragen hätte, so würden diese horizontale Schichten in der Mitte gebildet haben, wohin die geneigten nicht reichten, und an den ansteigenden Ufern mit ansteigen. Die geneigten würden also auf den zuvor gebildeten horizontalen stehen und von den nachher gebildeten jedesmal wieder bedeckt werden und damit wechsellagern.

Nach Egerton [5]) fällt das erst seit 120 Jahren durch künstliche Leitung des Baches entstandene, aus grobem Schutt bestehende Kander-Delta im Thuner-See, welchen Saussure an einigen Punkten 350' Par. tief gefunden hatte, von seinem äußersten Rande an auf folgende

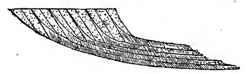
---

[1]) Jahrb. *1838*, 217. — [2]) Jahrb. *1838*, 218.
[3]) *How to observe* p. 72, fig. 45. — [4]) Jahrb. *1838*, 217.
[5]) *Philos. Mag. 1834*, no. *27*, 216. > Jahrb. *1835*, 701.

Weise in den See ab, wenn man 1 Yard = 3' Engl. und 1 Klafter = 6' Engl. setzt.

Entfernung vom Ufer . .	90'	180'	360'	
Tiefe	84'	138'	192'	
Winkel mit dem Wasserspiegel	44'	31°	31°	(durch Verzeichnung gefunden).

B. Studer beobachtete die Schichten-Bildung in dem abgelassenen Lungern-See [1]). Am westlichen Ufer des Beckens ergießen sich mehre Gebirgs-Bäche in denselben, von deren oberem Grunde an sich die Schichten aus feinerem und gröberem Kiese abwärts in den See biegen und unter 35° auf dessen horizontalen, 40' tiefer liegenden Grund einsinken, ohne im Verlauf gegen diesen an Mächtigkeit merklich zuzunehmen. Die aus feinrem Kiese bestehenden haben mitunter nur 1'' Dicke; größre flache Geschiebe bis von 6'' Durchmesser, Baumblätter u. s. w. liegen mit ihren größten Flächen der Schichtung parallel; an einer Stelle sieht man auch ein 6'' dickes Lager bituminösen Holzes mit ganz flachgedrückten Stämmen. Auf diesen Kies-Schichten hatten sich in wechselnden Zeiten niedrigen Standes der Bäche Schlamm-Schichten einzeln von 4''—8'' Dicke unter 25° Neigung abgesetzt, welche gegen die Tiefe bis auf 3' Mächtigkeit zunehmen und gegen den ebenen See-Grund hin sich allmählich ganz verflächen; — mithin Alles so, wie es de la Beche oben angenommen hat.



Elie de Beaumont hat die Ergebnisse der Sondirungen an Fluß-Mündungen zusammengestellt, wonach das berechnete Maximum der Neigung des See-Grundes vor den Mündungen ist:

Mississippi	1°0'	Donau	12'
Tiber . .	45'	Po . .	9'
Rhone . .	30'	Ganges	4' u. s. w.,
Ebro . . .	17'		

und es schien ihm unmöglich, daß eine Schichte von gleichförmiger Dicke und großer Erstreckung in einer Neigung von mehren Graden in der Natur vorkommen könne [2]).

Nach de la Beche fällt der Genfer-See von der Rhone-Einmündung an etwa 2 Engl. Meilen lang, bis er seine in der Mitte normale Tiefe von 1000' Engl. erreicht, was also einen Fall-Winkel von etwa 10° gäbe [3]).

Beaumont's Widerspruch mit einigen vorhergehenden Erfahrungen findet in der Studer'schen Beobachtung seine vollkommene Erklärung; denn im Meere vor den Fluß-Mündungen, von welchen Elie de Beaumont spricht, haben sich schwerlich noch vom Flusse gerollte (im Ganges

[1]) Jahrb. *1836*, 699. — [2]) Jahrb. *1838*, 217.
[3]) *Edinb. philos. Journ. 1820*, II, 107.

bleiben die Geschiebe 400 Engl. Meilen vom Meere zurück), sondern nur schwebend getragene Materialien, worunter zur Zeit der Hochwasser auch feiner Sand noch seyn konnte, niedergesetzt und heftige Brandungen können zur weiteren Ausdehnung noch mitgewirkt haben. Überdieß unterliegen jene Meeres-Gegenden seit Jahrtausenden schon der allgemeinen Auffüllung. Denkt man sich aber die zwei erwähnten Schweizer See'n durch Schlamm-Niederschläge ebenfalls weiter aufgefüllt und deren Boden erhöhet, so würden auch die auf denselben hinabgerollten Körper weniger unter dem Bereich des schnellströmenden Wassers einsinken können und sich bei gleichem Korne wahrscheinlich in weniger stark geneigten Schichten anlegen. Gröbere Geschiebe als die oben erwähnten könnten sich unter noch steileren Winkeln absetzen. Berücksichtigt man also die verschiedene Größe und Feinheit der Materialien, die wechselnde Menge, Schnelligkeit und daher Stoßkraft des Wassers, deren Schwächung während der Fluth und die Vermehrung während der Ebbe, die ungleichen Tiefen, die Gegenwirkungen der Strömungen und Brandungen des Meeres, so müssen Korn, Mächtigkeit, Fallen, Oberfläche, Bildungs-Zeit der von einem Flusse in seinem Verlauf und besonders an seiner Mündung abgesetzten Niederschläge äußerst manchmaltige Modifikationen erfahren.

Wiederablagerungen vom Flusse aufgewühlter Stoffe an ruhigern Stellen inmitten seines Bettes bilden, wenn der Strom einen andern Weg nimmt, zuweilen Thal-ähnliche Einschnitte, welche d'Omalius d'Halloy **Aufwühlungs-Thäler** (*„vallées de refoulement"*) nennt [1]).

Getrübte Wasser bedürfen tagelang der Ruhe, ehe sie sich völlig klären; daher wohl leicht zu ersehen, daß Fluß-Wasser, deren Bewegung man oft Meilen-weit noch im Meere verfolgen kann, welches selbst fast nie ganz ruhig wird, im Stande sind, den Schlamm sehr weit fortzuführen, ehe sie ihn vollständig absetzen. So ist das Wasser der Rhone, welches auf dem schwerern Seewasser schwimmt, an seiner Färbung 6 — 7 Engl. Meilen weit im Meere noch unterscheidbar; und der große Chinesische Meerbusen, das Gelbe Meer, wird vom Gelben Fluß gefärbt; — der Ganges trübt das Meer bis 60 — 80 Engl. Meilen von der Küste; — der Amazonen-Strom ist noch 300 Engl. Meilen von der Küste durch die Farbe vom Meere unterscheidbar.

Diese fluviatilen Schlamm-Niederschläge auf dem Grunde der Süßwasser-See'n wie der Salz-Meere werden bei gleicher Entfernung von der Fluß-Mündung um so beträchtlicher seyn: je stärker die Strömung ins Meer und je näher bei der Richtung dieser Strömung die Stelle ist, — je tiefer die Wasser-Masse, woraus der Absatz erfolgt, mithin je mehr der Boden selbst vertieft ist, — und je mehr diese Vertiefung dem Wasser Schutz gegen Aufrührung gewährt, — wozu noch der oben erwähnte Umstand kommt, daß an solchen Stellen bei stärkerer Neigung des Bodens der sich niedersetzende Schlamm aus Mangel an Hebung auf der Unterlage

[1]) Jahrb. *1839*, 343.

sich längs der Neigung senkt, so daß die Schichten aus zweifachem Grunde mit der Tiefe zunehmen müssen.

Daß übrigens selbst gröberer Sand sogar in langsamen Strömen bergan getrieben werden könne, beweisen viele Flüsse, deren Eingänge durch Sandbänke und Untiefen für größere Schiffe längst versperrt sind, obschon sie dahinter tiefes Wasser besitzen, das sich fortwährend erhält.

i. Wie hiebei **An- und Wechsel-Lagerungen von Fluß- und See-Erzeugnissen und gemischte Bildungen** entstehen, bedarf keiner besondern Nachweisung mehr, wenn man sich noch erinnert, daß während der Hochwasser der Flüsse sie ihre feineren Materialien viel weiter ins Meer hinaus tragen an Stellen, wo während des gewöhnlichen Laufes der ersten Meeres-Niederschläge sich bilden. Am meisten pflegt dieses in tiefen Meeres-Buchten oder gar in „Mittelmeeren" zu geschehen. Ein solcher Wechsel von Süßwasser- und See-Gebilden findet sich nach Marcel de Serres in allen Tertiär-Becken von Toulon bis zur Albères-Kette [1]), und sehr schön dargelegt im Aude-Becken bei Narbonne, wo sich ein Süßwasserkalk voll Austern und ein Meereskalk mit Süßwasser-Geschieben voll Fluß-Konchylien findet. Bekannter ist solches in den älteren Tertiär-Bildungen des Pariser-Beckens [2]).

k. Schon aus der Möglichkeit, daß Erd- und Sand-Schichten sich auf stark geneigte Flächen absetzen, erhellt auch weiter, daß diese Schichten je nach den zufälligen Unebenheiten ihrer Grundfläche sich in manchfaltiger Weise krümmen und biegen können. Bringt man aber damit noch in Verbindung die durch später veränderte Strömungen möglichen Unterwaschungen noch weicher oder loser Schichten, so wie das mögliche Herabgleiten eben dieser Schichten auf einer stark geneigten Fläche, falls vor ihrer Bindung ihre Dicke und ihr Gewicht stärker, als die sie in der Tiefe aufhaltende Widerlage zunehmen sollte, endlich das schon oben (S. 154) angedeutete Ansaugen und Herabgleiten schon im Trocknen stehender und stark geneigter Thon-Schichten mit oder ohne Verbindung mit Unterwaschungen ihres tiefsten Endes, so wird man leicht die Möglichkeit einsehen, wie solche Schichten sehr auffallende, noch weit stärkere **Krümmungen** und **Biegungen** annehmen können, als deren Ursache bei horizontalen und losen Schichten sogar ein starker Seitendruck genügen kann.

l. Wenn nun auf diese Weise die Flüsse im See-Grunde ihre **Delta's** bis nahe unter das Niveau ihres gewöhnlichen Wasserstandes aufschütten, so erheben sie solche während ihrer Anschwellungen unter Mitwirkung von Brandung, Fluth und See-Stürmen allmählich bis zu ihrem höchsten Stande empor und verwandeln sie allmählich in sumpfiges und endlich in **trocknes Land**, das sich besonders in tiefen Meerbusen oft Meilen-weit ins Meer hinaus erstreckt, wobei denn das Gefälle des Flusses auf große Entfernung hin allmählich ganz aufhört. Auf diese Art und durch die

[1]) Jahrb. *1832*, 452 ff.
[2]) C. Prevost im Jahrb. *1832*, 97 und v. Strombeck *1832*, 312.

genannten Mitwirkungen verstopft sich häufig die Mündung des Flusses, sie wird durch Schutt-Kegel, Untiefen und Sand-Inseln in Arme getheilt oder ganz geschlossen, so daß er sich neue Wege durch die Anschüttungen brechen muß, während an der Stelle der alten Mündung noch eine Zeit lang **Sümpfe** zurückbleiben in den Fluß-Gebilden, und auf je mehren Punkten er durch diese ins Meer eindringt, desto mehr wird wieder die Kraft des Stromes gebrochen, und er verliert sich nicht selten fast ganz im Sande. Zum Belege der Großartigkeit dieser Bildungen führen wir nur wenige Beispiele an:

Das schon oben erwähnte Delta des kleinen Kander-Baches im Thuner-See hat seit erst 120 Jahren 1 Engl. M. Länge, $\frac{1}{4}$ M. Breite und eine beträchtliche Tiefe erlangt, und ist schon größtentheils mit Bäumen bedeckt [1]). — Der Anfang des Genfer-See's hat sich seit der Römer-Zeit um $1\frac{1}{2}$ Engl. Meilen vom Portus Vallesiä entfernt [2]), und das ganze Delta hat 5 — 6 Engl. Meilen Länge. Das Delta des Ostpyrenäischen Busens ist nach Reboul über 200^{m}, das des Nordpyrenäischen bei Toulouse über 800′ hoch aufgefüllt [3]). — Der Rhye-Fluß in Hindostan nimmt während eines fast 100 Engl. Meilen durch Alluvionen führenden Laufes so viel Schlamm mit sich fort und setzt sie im Golfe von Cambay ab, daß Handels-Schiffe, welche noch vor wenigen Jahren ihre Ladung an den Stadt-Mauern einnehmen konnten, jetzt 4 (Engl.?) Meilen davon schon im Schlamme feststecken bleiben, wenn sie einige Zeit vor Anker liegen [4]). — Das Delta des Indus hat 25 geogr. Meilen Breite; der Fluß trübt das Wasser des Meeres auf 1 Meile Entfernung von seiner Mündung [5]). — Beweise vom raschen Vorrücken des großen Delta des Euphrat und Tigris im Persischen Meerbusen, in welchem sie einst getrennt ankamen, bringen Beke und Carter nach älteren und neueren Autoren, obschon sie über die Maaße im Streite sind [6]). — Das Delta des Ganges ist 120 Engl. Meilen lang und an der Basis 200 Meilen breit mit 8 Öffnungen, durch welche sich der Strom zu verschiedenen Zeiten ergossen. — Das Po-Delta entspricht einem großen Theile der heutigen Lombardei. Jetzt führt er seine Geschiebe nur noch bis zum Zusammenflusse mit der Trebbia, im W. von Piacenza. An der Basis des Delta ist von der Nordspitze des Golfes von Triest bei der Mündung des Isonzo bis nach Ravenna ein 100 Engl. Meilen langer Streifen seit 2000 Jahren um 22 Engl. Meilen breiter geworden, was durch die neueren Eindeichungen des Po noch mehr befördert wird. Adria und Ravenna lag unter Augustus am Meere, jetzt ist jenes 20, dieses 4 Meilen davon entfernt. Spina bei Ravenna, ursprünglich am Meere erbaut, lag schon vor 1800 Jahren 11 Ital. Meilen davon. Das Meer

---

1) Jahrb. *1835*, 701.
2) *De la Beche in Edinb. phil. Journ. 1820*, II, 107.
3) Jahrb. *1836*, 441, 442. — 4) Lord, im Jahrb. *1837*, 699.
5) Burnes, Jahrb. *1836*, 225. — 6) Jahrb. *1838*, 440 — 443.

hat dort 12 — 22 Faden Tiefe [1]). — Das Delta des Rheins, bei Cleve beginnend, scheint vor dem Durchbruche des Englischen Kanals entstanden zu seyn; seit der Römischen Zeit ist es steten Angriffen ausgesetzt [2]).

m. Viele andere hieher gehörige Erscheinungen berichten v. Hoff [3]); Muncke [4]), Lyell [5]).

5. See'n und Meere.

§. 78. **Gebirgs-See'n** pflegen durch die zugeführten Materialien allmählich ausgefüllt zu werden, indem sie wegen der Tiefe ihrer Becken nur einen Theil des schwimmenden Schlammes, nicht aber die rollenden Zufuhren über ihre Abfluß-Schwelle weiter befördern können, wobei sich die Erscheinungen der im vorigen §. beschriebenen Delta-Bildungen zeigen. Liegen nun mehre solcher See'n treppenartig hintereinander, so wird im ersten die Ausfüllung mit gröberen Materialien hauptsächlich beginnen und wenigstens in den übrig bleibenden Sümpfen und Nebenarmen mit erdigen Theilen schließen; in dem zweiten aber mit erdigen Theilen beginnen, zwischen welchen sich vielleicht eigne Zufuhren gröbrer Stoffe örtlich einschalten, und später, sobald jener ausgefüllt ist, mit gröberen Materialien fortgesetzt werden. Während endlich die Schichtung der mechanischen Niederschläge den im vorigen §. bezeichneten Gesetzen folget und nächst den Ufern am mächtigsten zu seyn pflegt, werden vielleicht chemisch gebildete Schichten sich gleichmäßig im ganzen See verbreiten, mit dessen Tiefe als Erzeugnisse einer höhern Wasser-Säule an Mächtigkeit zunehmen und in trocknen Zeiten sich in größrer Reinheit niederschlagen.

b. Manche **Gebirgs-See'n sind ohne sichtbaren Zu- und -Abfluß**, stehen mit unterirdischen Quellen und Wasser-Behältern in Verbindung und können nur durch atmosphärische Einführungen allmählich ausgefüllt werden.

c. Andere mit sichtbarem Zufluß und ohne solchen Abfluß werden sich schneller, als die gewöhnlichen, ausfüllen.

d. Gebirgs-See'n mit sichtbaren Zu- und -Abflüssen, welche die Gerölle zurückbehalten und nur einen Theil des schwimmenden Schlammes weiter fördern, sind für den Haushalt der Natur, was die Schlamm-Gruben für den Gebirgs-Landwirth. Zu den größten darunter gehören der Boden-see, der Genfer-See u. s. w.

e. Als Muster von Treppen-artig hintereinander liegenden ehemaligen

---

[1]) Brocchi *Conchol. foss.* I, 118, 39 und 94.
[2]) Lyell *princ.* I, 285 — 288.
[3]) a. a. O. III, 102 — 120. — [4]) Physik II, 363 ff.
[5] *Principles* I, 303 — 310.

See'n, deren Ausfüllung in ganz verschiedener Weise erfolgen mußte, führt Reboul die zwei Becken von Vernet und Prades im Tet-Thale am Fuße des Canigou in den Pyrenäen an [1]).

f. Die oben bezeichneten Erscheinungen chemischer — im Gegensatze mechanischer — Schichtung hat Jobert in den tertiären Süßwasser-Becken der Auvergne gefunden [2]).

Weitre Belege bietet v. Hoff, Veränderungen u. s. w. [3]).

§. 79. **Binnen- und Welt-Meere.** Ihre Grenzen und Ausdehnung gegen das Land sind **vertikal** und **horizontal** veränderlich, jenes durch das Verhältniß ihrer Verdünstung gegen ihre Zuflüsse und mithin durch die Veränderungen der absoluten Höhe ihres Spiegels, dieses durch Land-Anlagerungen oder -Zerstörungen. Erster Einfluß ist jedoch nur noch bei kleinen Meeren unterscheidbar. Ihre mechanische und chemische Einwirkung auf die Bildung der Ufer, welche in **Strand- und Watten-Bildung** zerfällt (unabhängig von der Dünen-Bildung), betrifft bald mehr die Form, bald die Festigkeit, bald mehr den Stoff, indem sie oft diesen liefern, bilden und binden, bald nur den schon vorgefundenen bilden und binden, bald auch nur eines von den drei Dingen thun. Sie bewirken daher in verschiedenen Verhältnissen bald die Bildung Konglomerat-artiger, sandiger und thoniger Gebirge mit regelmäßiger oder falscher (Falsestratification), horizontaler, schiefer oder abweichender **Schichtung** und bei letzten auch **Schieferung** der Masse; — sie verwandeln loses Gebirge in hartes Gestein, indem sie es mit **Zämenten** imprägniren, — vermitteln dessen Erfüllung mit organischen Meeres-Erzeugnissen oft unter Beimengung von solchen des Festlandes, — bewirken Wechsellagerungen von Meeres- und Land-Produkten, — gestatten mancherlei Eindrücke im Gesteine.

b. Es ist schon zu Ende des §. 65 erwähnt, daß das Niveau kleiner, selbst hinreichend tief gelegener Meere nicht an das des Ozeans gebunden, und daß es hauptsächlich in sehr nassen oder trocknen Klimaten je nach dem Verhältnisse ihrer Zuflüsse von dem des Ozeans merkbar abweichen, auch in mehrjährigen trocknen oder nassen Perioden noch fallen und steigen könne. In neuerer Zeit hat besonders die Einsenkung des Spiegels solcher See'n unter den des Ozeans überrascht. Ja, wenn die Zuflüsse ganz ausbleiben, so entstehen trockne Land-Becken, tiefer als der Meeres-Spiegel ist. Hier einige Belege, zu welchen sich, da man einmal aufmerksam geworden ist, bald noch viele gesellen dürften [4]).

---

[1]) Jahrb. *1836*, 440. — [2]) Jahrb. *1830*, 342. — [3]) III, 121 — 134.
[4]) Callier im Jahrb. *1839*, 214, 215; Parthey in Bergh. Annal. *1839*, XIX, 327 — 334.

	Tiefe unter d. Spiegel des Mittelmeeres in Pariser Fußen.
Oase von Swah nach Cailland	96′
Salzlachen auf der Landenge von Suez	20′
Todtes Meer	598′
„ „ nach Russegger [1])	1341′
Jericho	527′
See Genezareth	535′
See Tiberias nach Russegger [2])	625′
(Die Einsenkung des Jordan-Thales unter das Mittelmeer hat nach Russegger 32 geogr. Meilen Länge und 3,5 Meilen Breite).	
Kaspisches Meer nach Struve	94′
„ „ nach Fuß' Berichtigung 902″5 Engl. [3])	
Etang de Citis bei den Rhone-Mündungen nach Vallès [4]) 10m36, = fast	32′

Über den wechselnden Stand des Kaspischen Meeres berichtet Lenz [5]), indem er jedoch zweifelhaft läßt, welchen Antheil plutonische Hebungen und Senkungen des Bodens daran haben konnten. Nach ihm hätte seit Beginn des 15. Jahrhunderts dessen Spiegel öfters zwischen seinem jetzigen Stand und 15′ größrer Tiefe gewechselt, — um von früheren größern Unterschieden nicht zu reden.

Die kleinern See'n zeigen eine wechselnde Höhe nach den Jahres-Zeiten, welche beim Genfer-See z. B. 6′ nach Saussure beträgt.

c. Wenn man die große **chemische Auflöslichkeit** insbesondere **des Steinsalzes** (S. 134) im Wasser beachtet und berücksichtiget, daß das Meer im Ganzen doch nur bis etwa 3 Procent salzige und erdige Bestandtheile aufgelöst enthält, so erklärt sich, daß dasselbe im Ganzen nie in der Lage war Steinsalz absetzen zu müssen, selbst wenn durch irgend eine Ursache seine Masse auf eine kleine Quote vermindert worden wäre. Wenn aber abgeschlossene See-Becken, **Binnenmeere**, wegen Mangel an Zufluß nahezu oder gänzlich vertrocknen, so werden sie ihren Gehalt an Salzen nach der umgekehrten Ordnung ihrer Auflöslichkeit allmählich niederschlagen. Daher die Ablagerungen des **Steinsalzes** im Muschelkalke u. s. w. in damaligen Mulden-förmigen Vertiefungen in Gesellschaft von **Gyps, Thon** und **Kalk** [6]). Sind diese Ablagerungen nun ursprünglich in hochgelegenen Becken erfolgt, so mußten sie später durch Regen- und Sicker-Wasser wieder aus den Gesteinen fortgewaschen und dem Ozean zugeführt werden. Sind sie aber in tiefgelegenen Gegenden, vielleicht tiefer als der Spiegel des Ozeans erfolgt, wo etwa ein Zufluß, aber kein Abfluß stattfinden kann, so blieb das Salz an der Oberfläche angesammelt. Daher die **offenen Salzlager, Salzsee'n** und der **durchsalzene Boden** in den Steppen Asiens, Afrika's und insbesondere der oben angeführten Gegenden. Hochgelegene Salzsee'n dagegen, welche einen regelmäßigen Zu-

[1]) Jahrb. *1839*, 309. — [2]) Jahrb. *1839*, 307. — [3]) Jahrb. *1841*, 135.
[4]) *l'Instit. 1840*, 230. — [5]) Jahrb. *1833*, 435.
[6]) Geogn., Tf. II, Fg. XXI.

und Abfluß besaßen und nicht eintrockneten, wurden allmählich ausgefüßt. — Nach H. Rose zerknistert Soolsalz, aber nicht Steinsalz. Noch halten wir diese Beobachtung nicht für genügend, um daraus seine Folgerung zu beweisen, „daß das Steinsalz nicht durch Verdünstung aus einer wässrigen „Auflösung sich gebildet haben kann, sondern daß es entweder wie ge„schmolzene Gebirgs-Arten in feurig-flüssigem Zustande aus den Spalten „hervorgedrungen ist, oder zum Theil auch wohl, wie im Vesuv, sublimirt „seyn kann [1]." Die regelmäßige Art der Ablagerung des Steinsalzes in mächtigen Kalkstein-Becken spricht zu sehr dagegen.

d. Die mechanisch bildende Thätigkeit des Meeres äußert sich hauptsächlich an seinen Gestaden, wenig in der Mitte. Bei der Gestade-Bildung ist aber die **Strand-Bildung** und die **Watten-Bildung** zu unterscheiden. Der **Strand** (Engl. Beach, Holländ. Harstock) entspricht der Spitze der Welle, die Watte (auch **Marsch**) dem Spiegel des Meeres. Jener entsteht daher aus gröberem gerolltem Material, Gerölle und Sand, durch eine ungeregelte Thätigkeit und mit weniger geordneter Schichtung, diese aus feineren Elementen, aus Schlamm, einem meist schwebenden Sande und Thon in geregelteren aber schwächeren Schichten und im Allgemeinen in tieferem Niveau. Doch greifen beide manchfaltig in einander. Wir beschreiben die Verhältnisse, wie sie Forchhammer [2] an der Dänischen Küste beobachtet hat.

e. Der **Strand** ist ein Gebilde der Wellen unter Mitwirkung der Strömungen. Die hohe Welle fördert das Material, Steine und Sand, aus dem Grunde auf die Küste heran und häuft es ordnungslos auf, oder ergießt es bei heftigen und lang anhaltenden Stürmen auf die Dünen als einen landeinwärts an Breite und Verästelung zunehmenden Strom. Die gewöhnliche Welle sichtet und schichtet nicht nur, was von den Anhäufungen der vorigen noch in ihrem Bereiche geblieben ist, sondern auch die Trümmer der unterwaschenen und eingestürzten Hochgestade. Hauptsächlich wäscht sie den Sand zwischen den gröberen Steinen aus und läßt von der anfänglich ungeschichteten Schutt-Masse ein oft regelmäßig geordnetes Stein-Lager zurück, über welches sie den Sand als zweite Schichte hinauf und oft weiter in dahinter gelegene Vertiefungen spühlt, welche dann ausgefüllt werden. Die Vorderseite des Strandes fällt gegen die Wellen, also gegen die Richtung des See-Windes, unter ∠ 5° — 14°, wenn er aus Sand, und bis von 25° als Maximum, wenn er aus Steinen besteht. Legen sich später bei gleichbleibendem Niveau der Welle neue Schichten dazu an, so behalten sie die Neigung der ersten bei, sind aber oft im Korn verschieden und werden mehr oder weniger ausgewaschen als die früheren. Eine etwas höhere Welle, welche die Kanten der ersten ansteigenden Schichten erreicht, setzt dann horizontale **übergreifende** Schichten auf diese ab, oft aus feinerem Schlamme bestehend, die sich weiter ausdehnen, und welchen jene nun untergeordnet scheinen. Fitton nennt

[1] Jahrb. *1840*, 468. — [2] Jahrb. *1841*, 20 — 38.

diese Bildungs-Weise, wie er sie in seinem Werke über die Formationen zwischen Kreide und Oxford-Oolith häufig beschreibt, **False Stratification, falsche Schichtung**. Dazwischen kommen nun einzelne Muschel-Trümmer mit vor.

Lyell führt für die Gegend von Cherbourg, wo die Wellen den Steinen des Strandes die Lage gegeben haben, in der sie am meisten Widerstand leisten können, andere zum Theil stärkere Böschungen an, die eine Folge theils der Größe der Geschiebe, theils der Stärke des Wellen-Schlages in verschiedenen Tiefen über und **unter** dem See-Spiegel sind, wo man daher 4 Regionen unterscheidet:

		Böschung.
I.	Bereich der höchsten Brandung	28° 23′
II.	„ abwärts bis zur tiefsten Ebbe, Wellen am stärksten	10° 30′
III.	„ der Wellen unter der tiefsten Ebbe	18° 40′
IV.	Unterhalb dem Einfluß der Wellen	38° 40′

f. Die **Watten** sind ein Erzeugniß unter dem Spiegel des ruhigen Meeres, welches man am besten auf den Land-Strecken studiren kann, welche zur Ebbe-Zeit abtrocknen. Sie sind mehr oder weniger ein senkrechter Niederschlag im Wasser suspendirter Theile, **Schlick, Schlamm**. Die feinsten thonigen Theile, welche die **Marschen** (im engen Sinne) bilden, haften gerne, wo sie eine thonige, aber nicht wo sie eine sandige Unterlage finden, deren Körner beim Rückzuge der Fluth sich selbst in Bewegung setzen. Diese Niederschläge wachsen nur sehr langsam an. Längs der Dänischen Küste bedarf eine 1′ hohe Lage 6 — 100 Jahre zu ihrer Entstehung. Gleichwohl besteht dieselbe aus eben so vielen feinen Schichtchen, als über ihrer Bildung Gezeiten oder Tage verflossen sind, da nämlich nicht nur jede Fluth zuerst die gröberen und schwereren Theilchen und zuletzt insbesondere erst die feinen sich horizontal legenden Glimmer-Schüppchen und leichten vegetabilischen Theile niederfallen läßt, womit die Braunkohlen-Formation im Boden der Ostsee die Gewässer reichlich versieht, sondern auch dieser jedesmalige Niederschlag während der Ebbe Zeit hat etwas zu erhärten, ehe ein neuer hinzukommt. Anhaltend starke Regen und See-Stürme müssen oft mehre solcher Schichten in einander verwischen; wie auch wieder die stürmischen Fluthen im Herbst und Winter gröbere Erd- und Sand-Körnchen absetzen, als die ruhigern des Frühlings und Sommers, und die Überschüttung der Watten mit Eis-Blöcken, welche viele Erd-Theile eingeschlossen enthalten und solche beim Schmelzen an Ort und Stelle zurücklassen, bald Unterbrechungen und bald die Bildung viel dickerer Schichtchen veranlassen müssen. Übrigens erkennt man dieselben alle erst dann, wenn man Stücke dieses Niederschlages langsam austrocknet und einer schwachen Rothglühhitze aussetzt, wodurch die weißen Glimmer-Blättchen deutlich hervortreten und die **Schieferung** bezeichnen ganz so, wie man sie im Thonschiefer findet und wie sie unregelmäßiger und gröber auch im Schieferthon und schieferigen Thon vorkommt. Daher Forchhammer geneigt ist, auch die Schieferung dieser Gesteine von einem Wechsel von

Ebbe und Fluth während ihrer Entstehung herzuleiten. Muscheln kommen nur wenige darin vor. Die ältesten Marschen in Vensyssel haben eine Mächtigkeit von 8000', aus dem Sinus des mitteln Neigungs-Winkels ihrer Schichten berechnet. — Die **Sand-Watten** entstehen an gegen das Meer etwas freieren Stellen, oder wo das Wasser nur feinen Sand aber keinen Thon aufzunehmen findet. Da ist zur Ebbe-Zeit die ganze Oberfläche mit Muscheln bedeckt, welche vielleicht bei Hochfluthen unter Sand begraben, jetzt wieder herausgewaschen worden sind. Dieser Sand nimmt leicht Fuß- u. a. Eindrücke an, die aber bei der nächsten Fluth wieder verschwinden, wenn nicht eine feine Thon-Schichte aus dessen Oberfläche hervordringt, den Eindruck überzieht, abtrocknet und so vielleicht eine leichte Sonderung später darauf gelagerter Schichten möglich macht, — oder wenn nicht während der Ebbe genug Zäment von kohlensaurem Kalk aus dem verdunstenden Wasser anschießen kann, um den Sand vor Eintritt der nächsten Fluth zu binden, was indessen Forchhammer nie beobachtete. Übrigens bewirkt auch jeder größere, zufällig auf der Oberfläche liegende Körper durch Brechung des darauf wirkenden Windes manchfaltige Vertiefungen der Oberfläche.

g. Die Sand- und Stein-Schichten des „Strandes" werden zuweilen schneller oder langsamer zu **Sandsteinen und Konglomeraten gebunden** durch kohlensauern Kalk oder Eisenoxyd. So verbindet bei Friedrichshavn in Dänemark kohlensaurer Kalk die Kalk-Muscheln des jetzigen Meeres mit Bruchstücken von Feuersteinen, Granit-Gerölle und Sand zu einer groben Breccie: die Muscheln haben hier offenbar selbst den Kalk des Bindemittels geliefert. Für die Konglomerate an der Küste von Möen, welche aus scharfkantigen Flint- und Kreide-Bruchstücken bestehen, hat es die Kreide hergegeben. Dennoch ist der Bildungs-Prozeß dunkel, da man an diesen Stellen keine Entwickelung von Kohlensäure kennt, welche die vorgängige Auflösung des Kalkes und bei ihrer Verdunstung seinen Niederschlag bewirken könnte, und da an vielen Nachbar-Orten Kalk in Menge vorhanden ist, ohne daß die losen Anschüttungen von einem solchen Zämente durchdrungen würden. — **Eisenhaltige** Konglomerate bilden sich nur, wo metallisches Eisen oder das aufgelöste Eisenoxydul der Torfmoore sich weiter oxydirt. Überall, wo an der Westküste Dänemarks der Bolzen eines gestrandeten Schiffes oder ein anderes Stück Eisen auf dem Sande liegen bleibt, wird dieser zu einer festen Masse um denselben zusammengebacken. Ein merkwürdiges Lager der Art entdeckte man vor einigen Jahren beim Bau des Havens von Helsingör, wo es, selten über 1' mächtig, in wechselnder Tiefe auf Strand-Sand ruhet. Es bestand aus Rollsteinen und Sand, enthielt viele Stecknadeln und Münzen aus den Zeiten Christians IV. (dem Anfang und der Mitte des 17ten Jahrhunderts); hin und wieder hatte sich metallisches Kupfer als Überzug galvanisch ausgeschieden, und nicht selten entdeckte man, daß metallisches Eisen zugegen gewesen, aber gänzlich oxydirt worden war. Diese Stoffe scheinen aus dem am Ufer ausgeschütteten und ausgebreiteten Straßen-Kehricht der

Stadt herzurühren. — Auch an der Küste Cornwalls haben sich im Flugsande voll Konchylien-Trümmern einzelne Schichten durch Eisenoxyd zu einem festen Baustein verkittet, und bei Messina bindet bekanntlich ein **eisenschüssiger Mergel** den angeschwemmten Meeres-Sand so, daß er in 30 Jahren zu Mühlstein hinreichend verhärtet, und an vielen Orten am Mittelländischen und Adriatischen Meere bindet fortwährend ein Kalk-Zäment Muschel-Trümmer zu einer Breccie (**Calcaire Mediterranéen**); — während an den Küsten von Selenty, Adalia, Laara Pompejopolis in Kleinasien und in Griechenland[1]) durch die von allen kleineren Flüssen dem Meere zugeführte Auflösung von kohlensaurem Kalke die Geschiebe zu Puddingen sich vereinigen; Thatsachen, die man in Lyell's *Principles* [2]) zusammengestellt findet. — Dagegen scheint nicht mit vollkommener Sicherheit ermittelt zu seyn, welcher Bildungs-Zeit die großen Bänke aus Korallen, Muschel-Trümmern und Kalk-Materie angehören, welche $\frac{1}{5}$ der ganzen Ausdehnung des gewöhnlich 190' tiefen deutschen Meeres meistens in einer Mächtigkeit von 78' bedecken, und wovon eine vom Frith of Forth aus 110 Engl. Meilen weit NW., eine andere von Jütland aus 105 Meilen weit NW., und eine dritte, die Doggerbank, 350 Meilen weit von N. nach S. ziehet.

h. Überraschend ist es dagegen, mitten im Meere nirgends Kalk-Niederschläge auf chemischem Wege anders als etwa durch untermeerische Süßwasser-Quellen entstehen zu sehen, da solche doch einen so großen Antheil an der Bildung unserer Erd-Rinde haben.

i. Längs des flachen sandigen Gestades an der Süd-Küste von Frankreich und einigen Italienischen Gegenden, wo sich das Meer nur sehr allmählich vertieft, vermögen die gewöhnlichen Wellen den Sand nicht völlig aus dem Wasser herauszuheben, weil sie bei der Seichtheit des Meeres ihre Kraft zu früh verlieren, und kein herrschender Seewind ihnen zu Hülfe kommt. Sie bilden daher gewissermaßen die Dünen noch im Meere selbst in Form **zusammenhängender Sandbänke**, zwischen welchen und dem Lande ein eben solcher schmaler wenig unterbrochener und mit dem Meere an wenigen Stellen unmittelbar zusammenhängender Streifen seichten und ruhigen Meer-Wassers, sogen. „**Etangs**“, hineinzieht, bis zu welchem nur bei starken Stürmen die Wellen über die Dünen hereinschlagen, — welche Gewässer einen schlammigern Grund als das Meer außerhalb besitzen, und ihrer starken Salzigkeit ungeachtet an manchen Eigenschaften gewöhnlicher Sümpfe und See'n theilnehmen, und welche sich wahrscheinlich, wenn auch sehr langsam, ausfüllen werden.

An der Nord-Küste bilden sich in solchen zwischen den Dünen befindlichen und mit dem Meere zusammenhängenden Salz-Wassern gern Torf-Massen besonderer Art, **Mar-Torf** genannt, die dann oft selbst später von Sand überschüttet werden.

---

[1]) Nach Beaufort's *Karamania*, London 1817, S. 182 und 185.
[2]) I, 300 u. a.

k. Die schon früher erwähnten, vom Winde im Flugsand gebildeten **Wellenflächen**, welche man auch in vielen Sandsteinen, in Forest-marble u. s. w. wahrnimmt [1]), entstehen auf die nämliche Weise auch unter einer seichten 1'' — 6'' tiefen Wasser-Bedeckung, indem der Wasser-Spiegel selbst jene Wellen-Form annimmt und sie dem sandigen Boden darunter einprägt. Mit der Tiefe des Wassers nehmen diese Wellen an Größe oder wenigstens Breite zu; durch Strömungen und Vertiefungen des Bodens werden sie unregelmäßiger, kürzer und endlich nur kegelförmig und verschwinden zuletzt.

l. Verbindet man die in diesem §. geschilderten Erscheinungen mit den in den zwei vorhergehenden §§. und in §. 72 berichteten, so wird man ein vollständiges Bild der Phänomene der **Delta's** erhalten.

Ein geschichtliches Beispiel der Umgestaltung liefert uns die Basis des Nil-Delta. Die 7 Arme des Nil zu Homers Zeiten sind jetzt gänzlich verändert. Die Stadt Foah, welche im Anfange des 15ten Jahrhunderts noch an seinem Ausflusse lag, ist jetzt eine Engl. Meile landeinwärts. Die Stadt Kanopus, zu Skylax Zeiten eine Felsen-Insel, und Pharos, vor Alters ebenfalls eine Insel, sind jetzt dem Festlande verbunden. Der See Mareotis nebst seinem Kanale zum Kanopischen Nil-Arme ist verschlämmt und ausgetrocknet. Auch um Memphis zog sich einst ein Meeres-Arm, der vom Nil aus gefüllt wurde. Wahrscheinlich war noch früher ganz Ägypten ein langer schmaler Meerbusen, wie das Rothe Meer.

Andere Berichte s. bei v. Hoff [2]).

6. Schnee und Eis.

§. 80. Wir haben schon gelegentlich bei den zerstörenden Wirkungen des Schnee's und des Eises erwähnt, auf welche Weise insbesondere durch letztes Steine und Fels-Blöcke auf dem Meeres-Grund umhergestreut, an manchen Gestaden übereinander gelagert, oder Gletscher-Wälle gebildet werden (S. 175 u. 172). Die letztgenannten, oft nicht unbeträchtlichen Ablagerungen unterscheiden sich von andern, unter dem Wasser-Spiegel gebildeten, Gesteins-Massen durch eine mehr lineare Entwickelung ohne Parallelität, durch den Mangel an Schichtung, durch den Mangel aller Sonderung und Sichtung nach Größe und Eigenschwere der Bestandtheile, so daß kantige und abgerundete Blöcke und Steine mit Sand und Erde durcheinander ruhen, während dagegen die aus verschiedenen Thälern in eine End-Moräne zusammengeführte Stein-Arten immer neben einander liegen bleiben, ohne sich zu mengen.

---

[1]) Mantell im Jahrb. *1832*, 572; Poulett Scrope das. *1832*, 573 u. a.

[2]) I, 211—474, und III, 36—87, 295—335.

Hierhin gehört vieles ungeschichtetes Alluvial-Land; zumal jenes mit **zerstreuten** oder **erratischen Felsblöcken**, der **Till** der Britischen Inseln [1]), Lyell's **Drift**.

Vgl. den §. 73, wo bei Veranlassung der Zerstörungen auch mancher Bildungen durch Schnee und Eis gedacht wird.

7. Im Allgemeinen.

§. 81. Die bekannten Gesteine also, welche auf neptunischem Wege entstehen können, sind

I. durch primitive Absetzung in Folge der allmählichen Verminderung freier Kohlensäure oder lokaler Verdunstung des Wassers

Kohlensaure Kalkerde.	**Kohlensaure Talkerde.**
Kalksinter §. 76 f.	.
Kalkstein §. 79 g.	.
Kreide z. Th.	.
Kalk-Tuff §. 76 g.	.

Dolomit-Stein.

Schwefelsaure Kalkerde	**Chlor-Natrium**
Gyps S. 131.	Steinsalz §. 79 c.

Diese Gesteine sind es hauptsächlich, wodurch sich die Urzeit von den späteren Perioden unterscheidet (vgl. §. 52 d).

II. aus den in verschiedenen Graden verkleinerten Trümmern mechanisch zerstörter Urgebirge,

Quarz, Feldspath, Glimmer, Hornblende

(gebunden)	(ungebunden)
Konglomerate §. 74 e.	Block-Haufen §. 77 d, f, 80.
Sandsteine §. 74 e, 79 g.	Sand §. 74 c, d; 77 h; 79 e.
Thonschiefer, Schieferthon } §. 79 f.	Schiefriger Thon, Thon . . . } §. 77 h.

III. durch Verbindung chemischer Thätigkeit des Wassers in I und II, mit mechanischer Wirkung in I und II.

Thon und Kalkerde	**Geschiebe und Kalkerde gebunden**
Mergel.	Nagelflue.

Mergel und Sand.
Mergelsandstein.
Mergelsand.

[1]) J. Smith, Jahrb. *1839*, 215 ff. sehr berücksichtigungswerth.

Alle diese Gesteine findet man während der neptunischen Bildungs-Zeit in manchfaltiger Wiederholung und Wechsellagerung bei- und über-einander abgesetzt, so daß aus ihrer Betrachtung allein eine bestimmte Reihen-Ordnung nicht festgesetzt werden kann, sondern zu diesem Ende noch die Zuhülfenahme andrer, später zu erörternder Merkmale nöthig wird. Nur das kann man im Allgemeinen annehmen, daß die älteren Sandsteine, Kalksteine, Thone u. s. w. fester, härter, steinartiger sind und mit abnehmendem Alter eine losere, lockerere und erdigere Beschaffenheit zeigen, wovon wir die Ursachen im folgenden §. (82, A) nachweisen werden.

Da nun die plutonischen Bildungen neben den neptunischen fortdauern, und folglich mit der Zeit die Gebilde, welche die Wasser zerstören und umformen können, immer manchfaltiger werden, nicht zwar an Mineral-Bestandtheilen, welche in der Hauptsache immer die nämlichen bleiben, sondern hinsichtlich ihrer Art des Seyns, so werden auch die neptunischen Gebilde immer manchfaltiger, aber in der Weise, daß ihre Verschiedenheiten kleiner sind.

§. 82. Einige Erscheinungen an neptunischen Bildungen sind allen oder doch der Mehrzahl gemeinsam; sie verdienen daher, wenn sie auch bereits gelegentlich angedeutet worden, doch noch eine gemeinsame Betrachtung. Es sind: das **Erhärten der Gesteine**, die **Dauer der Schichten-Bildung**, die **Schichten-Absonderung**, die **Zerklüftung**, die **Schieferung**, die **Gänge- und Lager-Ausfüllung**, Gegenstände, über welche wir in den jetzigen Natur-Erscheinungen vielleicht noch nicht hinreichende Belehrung gefunden haben.

A. Das **Erhärten des Gesteins** ist eine Folge manchfaltiger gleichzeitiger oder nachwirkender Ursachen; chemischer Verschmelzung der Grundmasse an sich oder durch ein hinzugekommenes Zäment, einfachen Austrocknens, stärkerer Erwärmung, mechanischen Druckes u. s. w., woraus sich denn auch erklärt, warum unter ähnlich zusammengesetzten Gesteinen die älteren härter als die jüngeren zu seyn pflegen (Quarzfels, Sandstein, Sand; Thonschiefer, Schieferthon, Thon; Kalkstein, Kreide, Grobkalk).

a. Gesteine, welche **auf chemischem Wege** nicht allzu rasch sich absetzen, namentlich bei Entweichung von Wärme, von Säuren oder selbst von Wasser, worin sie chemisch aufgelöst gewesen, sich niederschlagen, pflegen noch im Wasser Zusammenhalt und Härte anzunehmen, sie mögen

nun je nach der Schnelligkeit ihrer Bildung und der Reinheit ihrer Mischung mehr krystallinisch (Steinsalz, Gyps, Kalksinter u. s. w.) oder steinartig dicht (Kalkstein, Eisenocker u. s. w.), als selbstständige Felsart oder als Zäment einer früher abgesetzten (Eisenhydrat, kohlensaurer Kalk u. s. w.) erscheinen. Selbst manche Sandsteine sind durch chemisch gebildete, durchscheinende Kiesel-Materie gebunden, wie man das am Heidelberger Rothen und vielen andern Sandsteinen wahrnimmt; — und manche tertiäre Sandsteine Süd-Frankreichs sollen fast nur aus undeutlichen Quarz-Kryställchen, statt abgerundeten Körnern, bestehen.

b. In andern Fällen mag eine solche chemische erhärtende Bindung loser, oder Wiederbindung bereits zerfallener Gesteine erst durch Wechselwirkung ihrer Bestandtheile oder Infiltration des Zämentes nach ihrer Emporhebung über den Wasser-Spiegel erfolgt seyn. So bei einigen regenerirten und bei andern mit Kalk-Zäment versehenen Graniten, wovon v. Voith erzählt. — Nähere Prüfung verdient das Erhärten von Thon in Kieselschiefer und Feuerstein, wovon Anker berichtet [1]).

c. Von andern, mechanischen, Erd- oder Schlamm-Niederschlägen ist es bekannt, daß sie durch **Austrocknen**, durch Verlust ihres mechanisch beigemengten Wasser-Gehaltes ihre Theile näher zusammenziehen (§. 67 d) und hiedurch in gewissem Grade als selbstständiges Gestein erhärten oder als Zäment ein anderes erhärten machen. Hauptsächlich bemerkt man dieß bei Thonen. Bei reinem Sande ist es nicht der Fall. Eine fernere, dem Landwirthe wohl bekannte Erfahrung ist aber, daß Thon-Arten, welche einmal aus der Erde genommen worden und an der Luft ausgetrocknet sind, nicht wieder so viel Wasser einsaugen, daher auch nicht wieder so weich werden, als vorher. Fournet versichert dasselbe von Kaolin, von Molasse und selbst von Arkosen. Von vielen, obschon längst über dem Wasser-Spiegel abgelagerten Bausteinen weiß man, daß sie so feucht, weich und zerreiblich aus dem Bruche kommen, daß sie erst nach 1—2jährigem Austrocknen an der Luft brauchbar werden. Es sind thonige Sandsteine, lockere Kalke, Thone. Es wäre möglich, daß hiebei auch zämentirende Bestandtheile zu Hülfe kämen, welche, so lange das Gestein noch feucht, aufgelöst geblieben waren (Kiesel-Gallerte?). — Lyell erzählt, daß der vom Lake superior abgesetzte Schnecken-Mergel weich ist, aber nach vollständigem Austrocknen nur mit dem Hammer zerschlagen werden kann [2]). Eine sehr merkwürdige, und wohl auch über das Erhärten der Gebirgsarten Licht verbreitende Erscheinung sind die noch ganz weichen jugendlichen aber ausgebildeten Gyps-Krystalle, welche sich in alten Grubenwerken hin und wieder an Gruben-Holz u. dgl. abgesetzt finden [3]) und von denen nicht wohl anzunehmen, daß sie erst nach ihrer Entstehung wieder aufgeweicht seyen. Macculloch fand auch weiche **Asbeste, Sahlite, Tremolithe** und **Chalcedone**, welche an der Luft erhärteten [1]). — Dieses

[1]) Jahrb. *1839*, 171—172. — [2]) Lyell *Principl. of geol.*
[3]) v. Leonhard's Orykt. 123.

Verhalten der Gesteine würde auch erklären, warum manche Gesteins-Schichten noch unter Wasser oder doch vor ihrem Austrocknen oft sehr starker späterer Krümmungen und Biegungen fähig gewesen, ohne zu brechen.

d. **Höhere Hitze-Grade** wirken auf dieselbe Weise, wie das Austrocknen, doch noch stärker; sie steigern dessen Wirkung. Wir werden bei den plutonischen Agentien darauf zurückkommen.

e. **Mechanischer Druck** rückt ebenfalls die Gesteins-Theile näher zusammen und vermehrt somit ihre Kohäsion und Härte. Doch bedarf es hiezu nicht sowohl des Druckes einer überstehenden Wassersäule, welche, im Gegentheile, einer Filtrir-Maschine gleich das Wasser in die Zwischenräume des Gesteins treiben würde, — als des Druckes anderer nachträglich aufgelagerter und trockener Gebirgs-Schichten.

f. Ein zweifelhaftes Beispiel ist der bekannte Meeres-Sandstein von Messina, welcher wenige Jahre nach seiner Absetzung auch hinreichend hart ist, um zu Mühlsteinen zu dienen. Inzwischen ist es nicht nachgewiesen, ob dieses Erhärten die Folge des gleichzeitigen Niederschlages bindender Bestandtheile, oder des spätern Durchdrungenwerdens von einem meerischen Zämente (S. 199), oder (wie Einige wollen) vulkanischer Sublimationen seye.

B. **Schichtung** besitzen alle unter Wasser abgesetzten Gesteine; sie fehlt nur jenen, die auf dem Lande entstanden sind: den Bergstürzen, manchen Regen-Abschwemmungen, den Gletscher-Moränen und den vom Eis herbeigetragenen Fels-Blöcken und Erd- und Stein-Haufen (§. 80).

C. Was die **Dauer der Schichten-Bildung** betrifft, so ist schon angedeutet worden, wie noch jetzt vor unsern Augen der tägliche Wechsel von Ebbe und Fluth äußerst fein geschichtete, schieferige, durch häufige Glimmer-Blättchen abgetheilte Thon-Niederschläge veranlaßt (S. 197) und wie die jährlich wiederkehrenden Anschwellungen der Flüsse auf den überschwemmten Ebenen weit ausgedehnte, durch inzwischen erfolgtes Abtrocknen bedingte (S. 186) Schlamm-Schichten bilden, und wie in den See-Becken, wohin jene einmünden, Wechsellagerungen entstehen von bei Hochwasser dahin geführtem Sand und Gerölle und von bei niederem Wasserstande abgesetzter Erde. Die Unterscheidung jener Schiefer und dieser Schlamm-Schichten und Wechsellagerungen müßte daher ein Mittel abgeben, auch in älteren Formationen einen gleichartigen Ursprung zu erkennen und die Zeit-Dauer ihrer Bildung zu bestimmen.

a. Wir fügen den genannten neueren Erfahrungen noch eine andre bei. L. v. Buch sah in den Kohlen-Werken von New-Castle eine Quelle

[1]) *Syst. of geol.* I, 123.

Gyps absetzen, welcher in feine regelmäſsige Schichtchen getheilt ist, wovon jedesmal 11 abwechselnd schwarz und weiß, das 12te aber 3mal so dick und weiß ist. Die schwarzen sind die Niederschläge bei Tag, wo das Wasser durch die Arbeiter verunreinigt wird, die weißen bilden sich bei Nacht und am Sonntage, wo daher 3 weiße zusammenschmelzen [1]).

b. Der Ingenieur Parrot berechnete nach obiger Weise aus der Zahl von Wechsellagern lehmigen Sandes und kalkigen Mergels die Bildungs-Zeit eines 318′ mächtigen Theiles des Steinkohlen-Gebirges zu Méziè-res in den Ardennen auf 179 Jahre. Es hätte sich dann täglich ein 0‴7 dicker Theil der Schichten abgesetzt [2]), der Sand im Winter, der Mergel im Sommer.

c. Jobert hat auf dieselbe Art die Bildungs-Zeit der 500 je ein Meter mächtigen Wechsellagerungen von Süßwasserkalk und Thon oder Sandstein im Becken der Limagne auf 500 Jahre berechnet [3]).

d. Voltz und Schimper betrachten die Wechsellagerungen von Sandstein und Schiefer im mitteln Sandstein von Sulzbad als Erzeugnisse von Winter und Sommer, wobei ihnen der Zustand und die Erhaltungs-Weise der in beiden eingeschlossenen Pflanzen-Reste zur Unterstützung gereicht. Da jener Sandstein nun 35m und jede Wechsellagerung 3m Mächtigkeit zeigt, so wäre er das Erzeugniß von 12 Jahren [4]).

D. Die **Schichten-Absonderung** der Gesteine ist durch ihre Schichten-Eintheilung noch nicht unmittelbar gegeben, obschon ihr diese oft zur Grundlage dient; man muß sie wohl als eine Folge manchfaltiger Ursachen betrachten.

a. Die parallele Ablagerung vieler **Glimmer-Blättchen** in der nämlichen Ebene zeigt wohl eine Schichten- und Schiefer-Eintheilung an, macht aber eine Absonderung eines sonst festen Gesteines noch nicht nothwendig, obschon sie andern Kräften dieselbe erleichtern muß.

b. So auch wo **dünne Thon-Ueberzüge** sich auf Sand- und festen Kalk-Schichten absetzen.

c. Wirksamer muß die Ablagerung von **kohligen Theilen** zwischen verschiedenen Stein-Schichten seyn, wie sie bei jedesmaligem Rücktritt der absetzenden Wasser leicht erfolgen kann. Nicht nur werden diese kohligen Theile nicht mit erhärten, sondern auch ihrer Kompressions-Fähigkeit wegen eine sehr dünne und scharf abgegrenzte Zwischen-Schichte bilden, welche endlich, da sie weiterer Zersetzung auf mehrfache Weise fähig ist, mit Hinterlassung reiner Schicht-Flächen ganz verschwinden kann.

d. Eine weitere Ursache der Schichten-Absonderung kann die Zusammenziehung bei dem **Austrocknen** werden, wenn diese nämlich in einer Schichte eintritt, die auf einer schon zusammengezogenen oder sich in andrem Grade zusammenziehenden ruht. Die Theile an der unteren Fläche der ersten müssen sich dabei auf der oberen der letzten verschieben und ablösen.

---

[1]) Jahrb. *1830*, 342. — [2]) Jahrb. *1830*, 341. — [3]) Jahrb. *1830*, 342.
[4]) Jahrb. *1838*, 338.

e. Sind die 2 aufeinanderliegenden Schichten von verschiedener Natur, so entsteht zwischen beiden ein **galvanischer Zersetzungs-Prozeß.**

f. Aber aus den Fox'schen und Jordan'schen Versuchen geht hervor, daß auch **Galvanismus** die ursprüngliche Ursache von Schichten-Spaltung und von Erz-Lagern seyn kann (vgl. G, b).

g. Ist nun durch eine dieser Ursachen an den anfänglichen Schicht-Grenzen eine Auflockerung einmal erfolgt, oder ruht eine durchlassendere Schichte auf einer undurchlassenden, so wird das alle Gesteine beständig durchziehende **Schwitzwasser** auf der Schicht-Grenze vorzugsweise sich ansammeln und verlaufen und durch seine unmittelbar auflösende Kraft, durch seine Wärme oder die ihm beigemengten Stoffe von diesen Flächen aus weitere Zersetzungen einleiten.

h. Jäger ist geneigt, die Schichtung als eine einfache Wirkung „der Anziehung der Elementar-Theile" zu erklären, nachdem durch die Entgegenwirkung, welche die Schwere durch den Umschwung der Erde erfahren, die Anziehung der Masse gebunden sey [1]). Allerdings haben manche horizontale Absonderungen der Sandsteine, näher betrachtet, nicht durch Schichtung entstehen können.

E. Die **Zerklüftung** ist man ebenfalls geneigt von der Zusammenziehung der Gesteine abzuleiten. Diese mag nicht ganz ohne Einfluß seyn, auch der Druck dabei mitwirken; häufig scheint sie aber nur durch eine Krystallisations-Tendenz im Großen erklärt werden zu können.

a. Wenn wir einen schlammigen Niederschlag **an der Luft austrocknen** sehen, so wird er nach allen Richtungen durch senkrechte, breite und gebogene Klüfte getheilt, welche anfangs von oben nach unten an Breite abnehmen, bis die Austrocknung vollendet ist. Lagert sich nun eine Sandstein-Schichte darauf und füllt diese Klüfte mit aus, so entstehen an ihrer Unterseite die bekannten **netzförmigen Erhöhungen** der Sandstein-Flächen. — Diese Erscheinung hat aber wenig gemein mit der weit regelmäßigeren, kaum klaffenden, geraden, parallelen und gewöhnlich nur nach zwei fast rechtwinkelig sich kreuzenden Richtungen verlaufenden Zerklüftungen der Sandsteine, Schiefergesteine u. s. w. Erfolgt jene nämliche Austrocknung unter starkem Drucke einer darauf ruhenden Gesteins-Schichte, so würde wohl gar keine Zerklüftung eintreten und die ganze Zusammenziehung von oben nach unten erfolgen, so daß zwischen die horizontal auseinander gezogenen Theilchen immer wieder andre, benachbarte von oben herunter eingetrieben würden. So würde eine Schichten-Ablösung nach D d noch immer möglich werden.

b. Setzt sich die Unterlage einer Schichte wegen ungleicher Zusammensetzung oder Wiederauflösung in ungleichem Grade zusammen, so wird die daraufruhende schon erhärtete und nun stellenweise, wenn auch noch so wenig, hohl-liegende durch ihr eigenes Gewicht und das der von ihr getragenen Massen **vertikale Verschiebungen,** Zerklüftungen, erleiden, welche freilich an noch weichen Sandsteinen u. dgl. nicht denkbar sind.

---

[1]) Jahrb. *1839*, 16 ff.

c. Es bleibt daher oft nur übrig, die Erscheinung als eine Folge der Tendenz der Gesteine zur **Krystallisation im Großen** zu betrachten, welche aber zweifelsohne durch solche galvanische Verhältnisse modifizirt wird, als wir unter F bezeichnen werden.

d. Haben sich erst enge Kluft-Flächen gebildet, so erfolgt die stellenweise Erweiterung derselben durch Schwitz- und Quell-Wasser (D f) durch Gebirgs-Senkungen und -Verschiebungen, wie auch wieder die Kluft-Ausfüllung mit krystallinischen Erzeugnissen jener Wasser: **neptunisch krystallinische Gang-Ausfüllung von innen;** auch **neptunisch mechanische von oben** u. s. w.

e. Der Umstand, daß die klaffenden Klüfte nur selten mechanisch ausgefüllt sind (und dann fast stets offenbar nur durch Land-Bildungen) beweist, daß sie viel später entstanden oder geöffnet worden sind, nachdem sie bereits von oben bedeckt oder über's Meer gehoben worden waren.

F. Die **Schieferung**, so ferne sie nicht bloß eine feine Schichtung und mit der Hauptschichtung parallel, sondern von ihr abweichend an Richtung ist, scheint lediglich eine Folge von elektrischen und Krystallisations-Verhältnissen zu seyn, oft wahrscheinlich erst in Folge einer plutonischen Erweichung des Gesteins und findet sich vielleicht eben deßhalb nur an plutonischen und mit diesen verbundenen Gesteinen?

a. Herschel schrieb an Lyell über die Schieferung: Wenn Gesteine durch Hitze wieder so erweicht werden, daß ihre Theile sich bewegen können, so muß ein allgemeines Gesetz diese Bewegung beherrschen und die Richtung der Theilchen bei der Abkühlung bestimmen. Vielleicht ist es die Richtung, in welcher die Hitze (oder nach b die Elektrizität) entweicht. Wenn nun die Krystalle Einer Art eine Neigung zu einerlei Lage haben, so kann dieß die Schieferung bedingen [1]).

b. R. Fox ließ **voltaische Elektrizität** einige Monate lang auf eine Masse mit säuerlichem Wasser durchfeuchteten Thones einwirken. Als sie hierauf trocken geworden, zeigte sie sich roh blätterig, und die Ebenen der etwas wellenförmigen Blätter waren rechtwinkelig zur Richtung der elektrischen Kraft [2]).

G. Endlich ist auch die **Erz-Gänge-** und **-Lager-Ausbildung** großentheils ein galvanischer mit den beiden vorigen verbundener Prozeß.

a. Fox gelangte in späteren Versuchen dahin, in einem Spalte mitten in einer durch vulkanische Thätigkeit auf die vorher angedeutete Weise bearbeiteten Thon-Masse Erz-Gänge zu bilden. Er bediente sich dazu einer Säule von nur einem Paare Platten gewöhnlicher Art oder aus Eisenkies und Zink, mit mehr Erfolg aber von mehren Platten-Paaren. Die erhaltenen Gänge bestanden aus kohlensaurem Kupfer und Zink, aus Kupfer-, Eisen- und Zinn-Oxyd [3]).

[1]) Lyell's *Elements* 240. — [2]) Lyell's *Elements* 239.
[3] Jahrb. *1840*, 114.

b. Jordan brachte mit 5 Paar Zylindern binnen 3 Wochen schöne Erz-Gänge in Pfeifenthon hervor, welcher ein irdenes Gefäß in 2 Zellen theilte; die eine enthielt eine Kupfer-Platte in Kupfersulphat-Auflösung, die andere eine Zink-Platte in Kochsalz-Auflösung. Gänge aus Kupferoxyd, aus Kupfer- und Zink-Karbonat entstunden parallel zwischen den Blättern, in die sich der Thon trennte, und ein anderer Kupferoxyd- und Karbonat-Gang horizontal und rechtwinkelig zum vorigen, so daß beide Gängen und Lagern zu entsprechen schienen. Das Zink-Karbonat schied sich auf der negativen Seite nächst der Kupfer-Platte, das Kupfer-Karbonat auf der positiven nächst der Zink-Platte aus [1]).

B. Bildung einzelner Mineral-Arten.

§. 83. Unsere bisherige Aufmerksamkeit war nur auf die Zerstörung und Bildung der Gesteins-**Massen im Großen** wohl etwa mit Rücksicht auf die Form, aber nicht die chemische Zusammensetzung der Bildungs-Elemente gerichtet. Wir fassen hier die kleineren Erscheinungen und insbesondere die Krystall-Bildungen nach den einzelnen **Mineral-Arten** zusammen, welche durch eine gemeinschaftliche Betrachtung gewinnen, indem hier, im Gegensatze zu jenen, die Bildungs-Kraft vorzugsweise chemisch und gewöhnlich äußerst langsam auf die kleinsten Theilchen wirkt und durch Elektro-Galvanismus verstärkt wirkt, indem Zerstörung und Bildung oft nicht in der Zeit getrennte Akte sind, sondern hiebei die Zerstörung der einen Verbindung die unmittelbare Bildung einer andern ist, und indem hier auch jene Verbindungen in Betracht kommen, welche in den sie gewöhnlich umgebenden Medien nicht auflöslich sind und daher chemisch weder durch sie zerstört noch gebildet werden können.

§. 84. **Bildung vieler einfacher Mineralien in Krystall-Form** kann man in der Natur wahrnehmen oder künstlich bewirken:

I. Lösliche Verbindungen

A. durch Wiederanschießen unmittelbar aus ihren wässrigen Auflösungen bei deren Verdunstung. Es sind dieß hauptsächlich nur die sogen. **Salze**, von welchen schon früher (§. 69, 75 u. a.) gelegentlich die Rede war.

B. durch Anschießen aus verdunstenden wässrigen Flüssigkeiten, in welchen sie erst durch Oxydation oder Einwirkung anderer Stoffe gebildet werden mußten (**Vitriole** u. A.).

[1]) Jahrb. *1840*, 114.

C. durch Anschießen aus Wasser, worin die Bildung und Lösung durch doppelte Wahlverwandtschaft erfolgt war (**Glaubersalz und Trona, mit salzsaurem Kalk**);

D. durch Wiederanschießen aus heißen Flüssigkeiten bei deren Abkühlung, ohne und mit Mitwirkung von Alkalien (**Metalloxyde**).

II. In Wasser unauflösliche Verbindungen durch einfache chemische Prozesse

E. durch Anschießen aus sauern u. a. Auflösungen, wenn diese ihre Säure durch Verdunstung oder durch anderweitige Verwendung langsam verlieren. Ein langsam der Auflösung zugefügter Stoff kann den aufgelösten Körper durch Ausscheidung in **unauflöslichem** Zustand fällen, oder sich mit ihm so verbinden (**Erden und Metalloxyde**);

F. durch Wechselwirkung der zu verbindenden Elemente im Augenblicke ihrer Entstehung oder ihres Freiwerdens (**mehre kohlensaure Alkalien, Kiesel-Verbindungen**);

III. In Wasser unauflösliche Krystall-Körper entstehen, oft mit löslichen zugleich, durch sehr langsame elektro-chemische u. a. komplizirtere chemische Prozesse, mit denen sich Becquerel vorzugsweise beschäftigt hat, hauptsächlich wenn jene Wirkungen der Elektrizität verstärkt werden

G. durch Mitwirkung des Kontakts;

H. durch Mitwirkung eines dritten Körpers, der als Leiter der Elektrizität einen elektrischen Apparat bilden hilft (**Metalle und Metalloxyde**);

I. durch Mitwirkung eines kohligen solchen Leiters, welcher zugleich Wasserstoffgas abgeben kann (**Eisenblau, Metallkiese, Malachit**);

K. durch langsame Zersetzung einer Doppel-Verbindung zwischen einer auflöslichen und einer unauflöslichen Zusammensetzung (**Schwefel- und Jod-Metalle; manche Pseudomorphosen**);

L. durch Doppel-Zersetzungen zumal unter Mitwirkung von Wärme (Mineral-Quellen, **salzsaures Kupfer**);

M. wenn man einer Verbindung zwischen einer auflöslichen und einer unauflöslichen Zusammensetzung die erste durch eine langsam reagirende Lösung entzieht (**Kalkspath, Apatit, Chrom-Blei**);

N. durch die elektro-chemische Säule (Zämentirung, **gediegene Metalle, Schwefel-Metalle**).

O. Außerdem hat man noch Beobachtungen über die Bildung vieler anderen Mineralien, deren wir Anhangs-weise gedenken werden.

a. Unter denjenigen Mineral-Verbindungen, welche als solche im Wasser löslich sind und mithin auch bei langsamer Verdunstung unmittelbar daraus in Krystallen anschießen können, haben wir anzuführen: **Kochsalz, Bittersalz, Salmiak, Salpeter, Alaun, kohlensaures** und **boraxsaures Natron, Gyps, Glaubersalz, Boraxsäure** u. m. a. in der Tabelle S. 62 genannte und in der Tabelle §. 53 mit 9 bezeichnete Stoffe; Effloreszenzen dieser Salze sind gleichen Ursprungs [1].

Halbgewässerter Gyps ($\dot{C}\ddot{S} + \frac{1}{2}\dot{H}$) kommt zwar weder in der Natur vor, noch ist er willkührlich zusammensetzbar. Da aber die Verhältnisse seiner Entstehung wahrscheinlich machen, daß eine sehr hohe gleichförmige Temperatur und Luft-Druck hiezu erforderlich sind, so kann er einiges Licht über die Erzeugung anderer Mineralien und, da Wasser genug zur Bildung von Gyps vorhanden gewesen wäre, vielleicht insbesondere über die geologische Entstehung von Anhydrit und Gyps werfen. Er erzeugte sich nämlich in kleinen durchscheinenden gerade-rhombischen Säulen auf dem körnigen Niederschlage in einem Dampfkessel zu Durham [2].

b. Durch Anschießen aus wässriger Lösung entstehen auch Krystalle von schwefelsauren **Eisen-** und **Kupfer-** (wohl auch **Zink-, Kobalt-** und **Uran-**) **Oxyd-Hydraten** oder **Vitriolen**; allein die Stoffe selbst bilden sich oft erst bei Zutritt von Luft und Feuchtigkeit durch Oxydation und Wässerung von unauflöslichem Schwefel-Eisen, Schwefel-Kupfer (Schwefel-Zink, Schwefel-Kobalt u. s. w.), wobei die Metalle in Oxyde, der Schwefel in Schwefelsäure verwandelt werden, wie man das in Vitriol-Werken absichtlich einzuleiten pflegt. Die effloreszirenden Schwefelkiese bestehen nach Berzelius aus Schwefeleisen im Maximum und Minimum, wovon nur das letzte weiterer Verwitterung und Lösung im Wasser fähig ist. Die genannten Vitriol-Arten finden sich daher sehr gewöhnlich in Gesellschaft jener Schwefel-Metalle auf Gängen u. s. w., doch eben ihrer großen Auflöslichkeit wegen immer nur in geringer Menge [3]. Dabei erzeugt sich denn oft auch schwefelsaure Talkerde (**Bittersalz**) und schwefelsaure Thonerde (**Alaun**) in Felsarten, welche Eisenkiese und freie oder schwach gebundene Talk- oder Thon-Erde enthalten, wovon erste den letzten, die einer Oxydation nicht mehr bedürfen, die Schwefelsäure liefern. Sie erscheinen an der Oberfläche der Gesteine als Effloreszenz.

c. Auf gleiche Weise entsteht das schwefelsaure Kalkerde-Hydrat (Gyps), wo dann die von jenen gelieferte Schwefelsäure die Kohlensäure der Kalkerde austreibt. So findet man oft noch ganz weiche Krystalle am Gruben-Holz alter Bergwerke sitzen [4]. Endlich schwefelsaures Natron (**Glaubersalz**)

---

[1]) Vgl. Göbel im Jahrb. *1839*, 332. — [2]) Jahrb. *1839*, 188.
[3]) v. Leonhard's Oryкt. 113.
[4]) Viele Beispiele in v. Leonhard's Orykt. 123.

entsteht, wo Gyps und Steinsalz unter Vermittlung des Wassers aufeinander wirken, indem letzte zwei Stoffe ihre Säuren umtauschen, zugleich mit **salzsaurem Kalk**[1]). Ähnlich [?] wäre nach Berthollet die Bildung des **kohlensauren Natrons** (**Trona**) da, wo im feuchtwarmen Klima Ägyptens Steinsalz auf Kalkstein wirken kann; die Säuren tauschen sich aus, es entsteht salzsaurer Kalk, welcher schnell im Boden zerfließt, und kohlensaures Natron, das an dessen Oberfläche bleibt[2]).

d. In heißen Wassern gelöste Mineralien schießen bei deren Abkühlung zu Tage an. Auf diesem Wege erhält man insbesondere dann manchfaltige unauflösliche Mineral-Stoffe, wenn bei der Auflösung Alkalien mitgewirkt hatten.

e. Unter den mit Kohlensäure oder andern Säuren verbundenen in Wasser löslichen und bei Verflüchtigung der Säure niederfallenden, aber wegen zu raschen Erfolges **gewöhnlich** nicht krystallinisch sich ausbildenden Mineralien sind zu nennen: **Kieselerde, Kalkspath, Arragonit, Bitterkalk, kohlensaures Eisenoxydul** oder **Eisenspath** (§. 76, i).

Von **Kieselerde** s. §. 69, e.

Von **Arragonit** und Kalkspath war schon §. 76, f die Rede. Die **Stalaktiten** oder **Tropfsteine** in der Höhle von Antiparos fand v. Kobell, nach ihrer faserig-stängeligen Zusammensetzung, aus Arragonit, — die in den Höhlen des Marmors im Glimmerschiefer des Pentelikon aus rhomboedrischem Kalkspath bestehend[3]). Das etwas Strontian-haltige Wasser aus dem artesischen Brunnen von Tours, welcher zwischen Grünsand und Kreide, die keinen Arragonit enthalten, erbohrt ist, gab bei der Abdunstung fast nur kohlensauren Kalk und zwar in den prismatischen Krystallen des Arragonits; jenes aus allen daselbst zwischen Kreide und Süßwasserkalk entspringenden Quellen schießt in Kalkspath-Rhomboeder an. Eben so Brunnen-Wasser, welches außerdem noch salpetersaures Kali, salzsaure und schwefelsaure Salze enthält[4]).

Kalkspath. Sehr spitze Kalkspath-Rhomboeder erhielt Daniell, wenn er eine wässrige Auflösung von Kalk und Zucker einige Monate lang der Luft aussetzte. Der Zucker scheint hier anfänglich die Stelle einer auflösenden Säure gegen den Kalk zu vertreten, welche ihm die allmähliche Anziehung von Kohlensäure aus der Luft und damit seine krystallinische Ausscheidung gestattet. In niedriger Temperatur werden die Krystalle am schönsten und enthalten 3—5 Atome Wasser; über 30° C. verlieren sie solches[5]).

Kohlensaurer Baryt, Strontian oder Kalk bilden sich zwar auch schon, wenn man ihre Erden oder Erd-Hydrate oder Erd-Wasser (Barytwasser u. s. w.) der Luft aussetzt, damit sie Kohlensäure anziehen können; aber man kann schöne Krystalle nach Zöga erhalten, indem man in ein Gemenge aus Baryt oder aus Strontian-Wasser und wässrigem Kali einen Beutel mit Baryt-Krystallen hängt und die Luft einwirken läßt[6]).

[1]) v. Leonhard's Orykt. 126. — [2]) v. Leonhard's Orykt. 151.
[3]) Jahrb. ***1835***, 256, 257. — [4]) Dujardin im Jahrb. ***1835***, 197.
[5]) *Ann. chim. phys.* ***1831***, XLVIII, 301—307.
[6]) Gmelin's Chemie, I, 612.

f. Andere unauflösliche Mineral-Verbindungen erfolgen nur, wenn ihre Elemente **im Augenblicke ihrer Entstehung**, ihres Freiwerdens, auf einander einwirken können. So der **kohlensaure Kalk**, die Doppel-Karbonate von Kalk- und Talk-Erde (**Bitterkalk**) oder von Kalkerde und Natron, wenn man diesen Basen beim Freiwerden die Kohlensäure darbietet [1]). Dieß gilt insbesondere noch von der sonst so schwer verbindbaren Kieselerde, welche im Augenblicke, wo sie aus Feldspath u. a. Mineralien durch Verwitterung ausgeschieden wird, gallertartig und so mit Wasser, wässriger Kohlensäure, reinen und kohlensauren Alkalien verbindbar, vielleicht zur Zusammensetzung von **Quarziten, Achaten, Opalen, Chalcedonen** und selbst **Mesotypen** und **Stilbiten** geneigt ist [2]). Vgl. S. 228.

g. Wenn ein Körper chemisch auf einen andern wirkt, so nimmt derjenige, der die Rolle der Säure übernimmt, allemal die positive, und jener, welcher sich als Alkali verhält, die negative Elektrizität an; die Wiedervereinigung beider Elektrizitäten ist mehr oder weniger unmittelbar auf der Kontakt-Fläche selbst, je nach der leitenden Fähigkeit beider Körper, und die Herstellung des Gleichgewichtes erregt keinen elektrischen Strom, wenn nicht ein Orts-Wechsel beider Flüssigkeiten eintritt, oder die Ströme gehen nach allen Richtungen [3]).

Durch Kontakt-Wirkung gelöste Stoffe müssen sich alsbald wieder niederschlagen. Wegen **kohlensaurer Talkerde** vgl. §. 69, b. Einige andere Beispiele sind zwar nicht unmittelbar geologischer Natur, wir theilen sie aber der Erläuterung wegen mit. Beim Wasserschloß des Schlachthauses zu L i m o g e s steht ein Wasser-Behälter aus Blei-Platten so von einem hölzernen Gerüste getragen und umschlossen, daß die feuchte Luft dazwischen nicht wechseln kann. Das sich zersetzende Holz gibt Kohlensäure ab, welche nun stagnirend (daher der Kontakt) neben den vom Holz berührten Stellen weiße Krystalle von **kohlensaurem Blei** bildet, indem die Ungleichheit des Angriffs der Säure auf die bedeckten und unbedeckten Stellen des Bleies ihre elektro-galvanische Wirkung noch vermehrt. Eben so bedeckt sich eine vergoldete Bleimünze, welche einige Jahre lang auf Holz in einem feuchten Schranke liegt, mit weißem Pulver von kohlensaurem Blei, welches der elektrische Strom als Effloreszenz durch den Gold-Überzug hindurchführt [4]).

h. Kommunizieren aber die zwei bei g vorausgesetzten auf einander wirkenden Stoffe mit einem **dritten, welcher ein so guter Leiter ist,** daß beide Elektrizitäten leichter ihm folgen und ein neutrales Fluidum bilden können, als sie sich auf der Kontakt-Fläche vereinigen würden, so entstehen elektrische Ströme und Wirkungen, welche mehr oder weniger von der Natur der Körper abhängen. Ist aber einer dieser Körper ein schlechter

---

[1]) B e c q u e r e l in *Bibl. univers.* ***1836***, B, I, 206.
[2]) F o u r n e t im Jahrb. ***1836***, 87.
[3]) B e c q u e r e l in *Bibl. univers.* ***1836***, B, I, 200.
[4]) B e c q u e r e l im Jahrb. ***1835***, 479.

Leiter, so scheint die Haarröhrchen-Anziehung den Mangel des Leitungs-Vermögens zu ersetzen und es entstehen die „elektro-capillo-chemischen Erscheinungen"; bei langsamen Einwirkungen sind daher drei Körper nothwendig, wovon einer wenigstens flüssig ist — und jener dritte, leitende Körper gibt dann Veranlassung zur Bildung eines kleinen Voltaischen Apparats, welcher jedoch genügt, um die Energie der chemischen Thätigkeit der 2 andern Körper auf einander zu vermehren [1]). Apparate dieser Art scheinen in der Erd-Rinde häufig vorhanden zu seyn. Die Boden- und Schwitz-Wasser und die Quellen sind dabei thätig, zumal wenn sie schon Salze aufgelöst enthalten.

Wäre im Boden eine Kupfervitriol-haltige Wasser-Ader von einer reinen oder minder gesättigten Wasser-Schichte durch eine Thon-Lage getrennt, welche von leitenden Kupfer- oder Kupferkies-Trümmchen durchzogen ist, so würde in Folge der Rückwirkung des Vitriols auf das minder gesättigte Wasser durch die leitenden Trümmchen ein Theil desselben als Kupferoxydul (**Rothkupfererz**) und selbst als **Gediegen-Kupfer** in Krystallen sich auf dem Leiter absetzen, gerade so wie man es als jugendliche Bildung im Thon des bunten Sandsteines von Chessy abgesetzt findet. Auf die nämliche Weise muß man die Entstehung der Krystalle von Kupferoxydul und Kupferoxyd (**Kupferschwärze**) auf Bronze-Gefäßen erklären, welche Jahrhunderte lang im Boden begraben gewesen. Eben so die der Krystalle von **Eisenperoxyd** und **Eisenperoxyd-Hydrat** auf sehr langsam sich zersetzenden Eisen-Massen. So auch **Bleioxyd** [2]).

Daß inzwischen Kapillar-Attraktion die Leitungs-Fähigkeit ersetzen könne, sieht man, wenn man in ein gläsernes Haarröhrchen ein Gemenge von Nickel- oder Kobalt-Oxyd mit Chrom-Hydrochlorat bringt. Es setzt sich dann auf den Wänden des Haarröhrchens eine äußerst dünne Schichte von **Gediegen-Nickel** oder **Gediegen-Kobalt** ab [3]).

i. Ist im vorigen Falle (h) der dritte Körper **Kohle**, welcher die Elektrizität sehr wohl leitet und noch Wasserstoff abzugeben und hiedurch die Reduktion metallischer Auflösungen zu fördern im Stande ist, so wird die Wirkung in manchen Fällen noch begünstigt werden, zumal die Kohle oft vielfältig im Boden vertheilt ist. Bringt man in Salzsäure, welche sonst nur schwach auf Silber wirkt, ein Stück Silber und in Berührung damit ein Stück Kohle und schließt Alles hermetisch in ein Gefäß ein, so wird sich die Kohle beider Elektrizitäten bemächtigen, welche sich bei der schwachen Wirkung der Säure auf das Metall erzeugen, und ein Strom wird entstehen, der jene Wirkung vermehrt. Es setzt sich **Silberhornerz** in regelmäßigen Oktaedern ab, und Kohlenwasserstoffgas wird frei, dessen Spannung leicht die Wände des Glas-Gefäßes sprengt [4]). Am öftesten findet man durch Kohle die Bildung von phosphorsauren Eisenoxydul-Krystallen (**Eisenblau**) veranlaßt. Legt man einen effloreszirenden Eisenkies von

---

[1]) Becquerel in *Bibl. univers. 1836*, B, I, 200 — 201.
[2]) Becquerel in *Bibl. univers. 1836*, B, I, 203.
[3]) Becquerel a. a. O. 204. — [4]) Becquerel a. a. O. 201.

vegetabilischen Fäden umgeben in eine Untertasse mit einer Auflösung von phosphorsaurem Natron, so bildet sich schwefelsaures Eisenoxyd und weißes Eisenperphosphat; wo die Fäden an der Tasse anliegen und die Wirkungen ihrer Kapillarität mit der des Stromes vereinigen, entstehen Knötchen von sehr kleinen Eisenblau-Krystallen, die man auf gewöhnlichem chemischem Wege von so reinem Blau nicht darstellen kann, weil ihre Masse-Theilchen nur bei langsamer Bildung sich so regelmäßig ordnen. Bekanntlich findet man das Eisenblau gewöhnlich in Torf und Moor. Becquerel hat es auch bei Saint-Yrieix beobachtet, wo man seit Jahrhunderten Erde, Gneis-Trümmer, Thier-Knochen und Pflanzen-Reste in den Stadt-Graben geschüttet hatte, an welch' letzten sich dann überall mikroskopische, weißliche und an der Luft blau werdende Krystalle von Eisenblau angesetzt hatten. (Aber auch in den Klüften der Gneis-Stücke hatte sich, nur auf dem Glimmer, braunes blätteriges Eisenphosphat abgesetzt, offenbar durch Rückwirkung von Eisenphosphat-Auflösungen auf das Eisen des Glimmers, welches auf dem Wege der Zämentation daraus geschieden worden war)[1]. In den Ligniten im untern Theile des plastischen Thones zu Anteuil fand Becquerel das Eisenblau mit mikroskopischen **Blende**-Oktaedern, schwefelsaurem Strontian (**Zölestin**) und phosphorsaurem Kalk (**Apatit**); in den Ligniten von Muyrencourt im Soissonais dasselbe mit **Blende**-Krystallen, **Apatit** und Knochen beisammen am Lignit absetzt, daher die andern genannten Mineralien wohl zum Theil ähnlichen Ursprungs sind [2].

Krystallinische **Metall-Kiese** entstehen oft in Berührung mit vegetabilischen desoxydirenden Stoffen, oft insbesondere aus den Vitriolen, in die wir sie oben übergehen sahen. Vielleicht selbst **Schwefel** in gewissen Verhältnissen [3]. **Schwefelkies**, derb und mit metallischem Glanze, sah Nöggerath als Überzug von Quarz- und Grauwacke-Geschieben sich absetzen in einer moorigen Alluvial-Erde zu Roisdorf bei Bonn an einem Orte, wo eine Sauerquelle zu Tage geht, welche u. A. kohlensaures Eisenoxydul und schwefelsaures Natron enthält. Organische Stoffe bemächtigen sich des Natrons; die hiedurch ausgeschiedene Schwefelsäure tritt als Schwefel an das reduzirte Eisen des kohlensauern Oxyduls [4]. Ebenso betrachtet von Bonsdorf die fortwährende Schwefelkies-Bildung auf Helgoland, wo sich krystallisirter Schwefelkies in einem bituminösen Mergel an kohliges Holz und Konchylien älterer Formationen (Kreide) absetzt. Die Schwefelsäure des im Meerwasser reichlich enthaltenen Gypses, die organische Materie und das im Mergel enthaltene oxydirte Eisen wirken, wie vorhin [5]. Bischof sah, wie unter einem hohlen Baumstamme, durch welchen bisher ein Eisen-Säuerling geflossen, sich viele Eisenkies-Partie'n (aus 45 Eisen + 55 Schwefel, folglich mit überschüssigem Schwefel) an Wurzeln u. a. organischen Theilen sich angesammelt hatten. Eben so setzten sich aus

[1] Jahrb. *1835*, 479; *Bibl. univers. 1836*, 206.
[2] Jahrb. *1839*, 455. — [3] Gemmellaro im Jahrb. *1835*, 3, 4.
[4] Jahrb. *1836*, 580. — [5] Jahrb. *1838*, 560.

wohlverschlossenen Krügen Brohler Mineralwassers mit organischen Beimengungen nach $3\frac{1}{2}$ Jahren Flocken und Pulver von Schwefeleisen (42 Eisen + 58 Schwefel, also dieser abermals überschüssig) ab, das sich mit der Zeit in Eisenkies verwandelt haben würde. Schwefelsaures Natron verschwand darüber aus dem Wasser. Longchamp sah in den Thermen von Chandesaigues am Cantal, deren Zusammensetzung wie zu Brohl ist, Schwefelkies unter Wasser entstehen, während jedoch an der Luft sich Eisenoxyd absetzte. Auch Meinecke und Gilbert sahen an Pflanzen-Fasern Schwefelkies-Tafeln und Krusten aus Wasser sich absetzen. Besonders häufig kommen Schwefelkies und Faserkohle (mineralische Holzkohle) sich durchziehend oder umhüllend in Steinkohlen-Lagern vor, wie es scheint, weil bei Einwirkung schwefelsaurer Salze auf organische Substanzen der Wasserstoff der letzten zunächst als Reduktions-Mittel auf Schwefelsäure wirkte, wobei vielleicht gleichzeitig Sauerstoff mit etwas Kohlenstoff als Kohlensäure entwich und jene so früher karbonisirt und zu Faserkohle verwandelt wurden. Auch als Versteinungs-Mittel animalischer Reste, mit Gyps, in Bittersalz-Quellen kommt Schwefelkies häufig vor, und im Ganzen scheinen die Quellen öfter Schwefelkies zu bilden, als zu zersetzen [1]).

In der Grube Cronebane, Grafschaft Wicklow, sah Mallet das an schwefelsaurem Eisen und Kupfer reiche Grubenwasser, welches der großen Tiefe wegen 15° C. besitzt, einen klebrigen Niederschlag aus Eisen und einer organischen Materie, wahrscheinlich Glairine, bilden, woraus sich an altem Grubenholze Krystalle feinen hämmerbaren Kupfers in großer Menge abgesetzt haben [2]). — In der nämlichen Grube hat sich in dem seit einem Jahrhunderte angesammelten Grubenwasser eines 50 Faden tiefen Schachtes ein ockriger Niederschlag gebildet, worin Mallet kleine glänzend bläulichgrüne Krystalle rhomboidalen **schwefelsauren Kupfereisens** fand, das zusammengesetzt ist aus 1 Atom schwefelsaurem Eisenoxyd (= 324) auf 3 Atome schwefelsauren Kupferoxydes und zwar grünen schwefelsauren Kupferoxydes mit 1 Atom Wasser, während die Annahme des gemeinen schwefelsauren Kupferoxyds mit 5 Atomen Wasser keine bestimmte Proportion desselben zu schwefelsaurem Eisenoxyd erkennen lassen würden, obschon die Krystall-Form, wohl wegen des anwesenden Eisen-Salzes, dem letzten und nicht dem ersten entspricht (a. a. O.) [3]).

[1]) Bischof im Jahrb. *1833*, 355. — [2]) Jahrb. *1838*, 544.

[3]) Graham fand, daß **schwefelsaure Salze** — von Zink, Eisen, Nickel, Mangan, Kupfer, Kalkerde, Talkerde, Kobalt —, welche mit 5, 6, 7 Atomen Wasser krystallisiren, 4, 5, 6 dieser Atome bei einer Temperatur-Erhöhung bis zu 100° C. unter 1 Luftdruck (oder bis zu 15° C. im Vacuum) wieder verlieren und mithin nur 1 Atom behalten (das sie zwar bei noch weiterer Erhitzung auch noch einbüßen, aber während der Abkühlung wieder anziehen). In allen diesen Fällen aber vermag 1 Atom schwefelsauern Kali's an die Stelle dieses letzten Atoms Wasser zu treten und ein krystallisirbares schwefelsaures Salz mit doppelter Basis und 6 Atomen Krystallwasser zu bilden.

Kupferkies entsteht wahrscheinlich unter ähnlichen Verhältnissen.

Auch kohlensaures Kupferoxyd (**Malachit**) erzeugt sich am Zimmerholze mancher Kupfer-Gruben fortwährend; besonders häufig dichter Malachit in der Siegen'schen Grube Eisenzeche. Wie denn der Malachit, gleich dem Eisenkies, auch anderwärts gern mit vegetabilischen und animalischen Stoffen (Permien, Frankenberg) enge verbunden vorkommt [1].

Blende (Schwefelzink), derb und schaalig, fand man 0,5''' bis 2''' dick abgesetzt am Grubenholz des seit dem 12ten bis 15ten Jahrhundert angelegten, später zu Wasser gegangenen und dann auf's Neue aufgenommenen Werkes Altglück im Bezirke Kölln; die reinsten Theile derselben sind noch mit 0,29 Kieselerde und mit 0,14 Wasser verunreinigt. Das Holz ist zum Theil leicht und mürb, zum Theil hart. Zwischen den Schaalen der Blende sieht man einen zarten Anflug von Schwefel [2].

k. Noch andere gelingen nur durch **langsame Zersetzung einer Doppel-Verbindung zwischen einer auflöslichen und einer unauflöslichen Zusammensetzung.** Um insbesondere Schwefel- und Jod-Metalle zu erhalten, stellt man zuerst unterschwefligsaure Salze oder doppelte Jod-Metalle her, überläßt sie einer langsamen Zersetzung und erhält so die nächsten Elemente jener Sulfüre und Jodüre in regelmäßiger Gruppirung. Zuweilen kann man aus diesen Doppel-Verbindungen den einen der zwei Bestandtheile ganz herausziehen, während der andere die ursprüngliche, ihm in seiner jetzigen Zusammensetzung fremde Krystall-Form beibehält (manche **Pseudomorphosen** [3]).

l. Durch **Doppel-Zersetzungen** scheinen hauptsächlich die Mineral-Quellen auf die von ihnen durchströmten Gesteine zu wirken, und zwar oft unter Mitwirkung einer höheren Temperatur. Hier einige Beispiele zur Erläuterung. Legt man ein Stück porösen Kalksteins, Kreide oder Grobkalks, in eine Auflösung von salpetersaurem oder schwefelsaurem Kupfer, so wird ein Theil der Säure sich unter Austreibung der Kohlensäure allmählich mit Kalkerde verbinden und auf der Oberfläche des Steines Krystalle von unauflöslichem basisch-salpetersaurem oder basisch-schwefelsaurem Kupfer-Oxyde absetzen. Dieser Prozeß wird mittelst einer entgegengesetzten Strömung durch Kapillar-Attraktion selbst dann noch fortwähren, wenn die Oberfläche schon ganz mit einer Krystall-Rinde bedeckt ist. Wirkt Wärme dabei mit, so wird der Prozeß beschleunigt, aber die Krystalle setzen sich mit weniger Ordnung ab. Bedient man sich der Kupfersulphat-Auflösung, so bedecken sich die erwähnten Kupfersulphat-Krystalle noch mit Gyps. Wendet man aber statt der zwei genannten Lösungen eine von Chlor-Kupfer an, so erhält man ein Viertelsalzsaures Kupferoxyd, ganz analog dem **salzsauren Kupfer** oder sogen. **Chlorkupfer** aus Peru und Chili. Da nun in der Natur in Kies-reichen Gebirgen, die mit schwefelsaurem Kupfer-Oxyd beladenen Wasser nicht selten sind und oft mit Kalkstein in

[1]) v. Leonhard's Oryktogn. 158.
[2]) Nöggerath und Bischof im Jahrb. *1833*, 201.
[3]) Becquerel a. a. O. 206.

Berührung kommen müssen, so wird auch hier der oben bezeichnete Prozeß eintreten und **Kupfer-Subsulphat** sich bilden, während Gyps in Wasser aufgelöst fortgeführt wird. Versucht man es mit Eisen-Salzen, vorzüglich mit Protosulphat, so erhält man ein konkrezionäres rostiges **Eisen-Subsulphat**, dem in der Natur ähnlich, während sich zugleich **Gypsspath** absetzt [1]).

m. Oft erhält man unauflösliche Krystallisationen dadurch, daß man einer Verbindung zwischen einer auflöslichen und unauflöslichen Zusammensetzung die erste durch eine langsam reagirende Lösung entzieht.

Nun enthalten die Mineral-Wasser, besonders in vulkanischen Gegenden, unter andern Salzen auch oft einfach- und doppelt-kohlensaures Natron. Legt man in eine solche Lösung von doppelt-kohlensaurem Natron, die mit einem gleichgroßen Volumen Wasser verdünnt ist, das vorhin (o) erwähnte Stück mit Kupfer-Subnitrat-Krystallen [2]) bedeckten Kalkes, so daß die vorhandenen Elemente langsam auf einander wirken können; so wird kohlensaures Gas sich allmählich entwickeln und zugleich ein doppeltes Karbonat von Natron-Kupfer in kleinen, und von **kohlensaurem Kalke** in sehr kleinen rhomboedrischen Krystallen entstehen, welche herrühren von der Einwirkung des salpetersauren Kalkes auf das Alkali-Karbonat, welcher sich gebildet hat auf Kosten der Salpetersäure des Subnitrates und des Kalkes, die mit dem Salze in Berührung waren. — Will man aber jenes Doppelt-Karbonat in grünes kohlensaures Kupfer-Hydrat oder **Malachit** verwandeln, so läßt man eine Auflösung von schwefelsaurem Kupfer darauf einwirken; es entsteht nun ein doppeltes Sulphat von Kupfer und Natron, welches gelöst bleibt, ein unauflösliches **Kupfer-Sulphat** und ein in Nadeln krystallisirendes Kupfer-Karbonat. — Will man krystallisirtes rothes **chromsaures Blei**, wie das von Beresowsk bei Katharinenburg, so stellt man sich zuerst ein Blei-Subnitrat durch Einwirkung von Kreide auf Blei-Nitrat-Lösung dar, und behandelt alsdann dieses Subnitrat mit einer Lösung von chromsaurem Kali. Nach 1 — 2 Monaten beginnt man das chromsaure Blei in wasserhellen Krystallen auf der Kreide zu unterscheiden. Nach demselben Prinzip gelang es Becquerel'n auch, den phosphorsauren Kalk (**Apatit**) in rhomboidalen Prismen mit zwei Endflächen und durch Einwirkung des doppelt-kohlensauern Natrons auf Gyps wieder **Kalkspath** zu erhalten, indem nämlich der Gyps, im Augenblicke wo er sich auflöst, seine Säure mit dem Natron umtauscht, jedoch so, daß ein Theil der Kohlensäure entweicht. Wenn also Wasser, welche doppelt-kohlensaures Natron aufgelöst enthalten, Gyps-Massen durchsickern, werden sie solche je nach ihrer Konzentration und der Schnelligkeit ihrer Bewegung in mehr oder weniger krystallinischen kohlensauren Kalk verwandeln und das entstandene schwefelsaure Natron mit fortführen [3]).

---

[1]) Becquerel im Jahrb. *1835*, 354 u. *Bibl. univers.* B, I, 207.
[2]) welches Nitrat in der Natur jedoch nicht vorkommt.
[3]) Becquerel im Jahrb. *1835*, 354, 355 u. *Bibl. univers.* B, I, 208—210.

Becquerel erzeugte Schwefel-Metalle in 1 — 12 Tagen durch seine **elektro-chemische Säule**, zusammengesetzt aus 6 (oder mehr und dann stärker wirkenden) zweischenkeligen Röhren, deren horizontaler Theil mit feinstem Thon, die beiden Schenkel mit Lösungen von entgegengesetzter Elektrizität, z. B. der erste Schenkel mit Kalium-Protosulphüre-Lösung, der zweite mit gesättigter Kupfer-Nitrat-Lösung gefüllt ist; in erste tauchte er ein Silber-, in die zweite ein Kupfer-Plättchen, setzte das Kupfer der ersten Röhre mit dem Silber der zweiten, das Kupfer der zweiten mit dem Silber der dritten u. s. w., das Kupfer der sechsten mit dem Silber der ersten in Verbindung. Es entstehen hier Zämentirungen; binnen 6 — 12 Stunden erkennt man schon Krystalle metallischen Kupfers auf den Kupfer-Plättchen und Krystalle von Schwefelsilber auf den Silber-Plättchen, und nach 14 Tagen unausgesetzter Wirkung sind beide Plättchen, ohne ihre Form geändert zu haben, in Schwefel-Metalle verwandelt, das **Schwefel-Silber** ganz einem andern ähnlich, in welches einige Silber-Stücke bei längerem Liegen in einem Abtritte durch ähnlichen Prozeß sich verwandelt hatten. — Wählt man zu diesem Versuche Kalium-Persulphüre, so erhält man zuweilen nach einigen Tagen weiße Nadeln eines der Luft widerstehenden **Schwefel-Kalium-Kupfers**. Setzt man etwas Zucker zu, so entstehen zuweilen Knötchen von **Schwefel** in den Röhren. Bei länger fortgesetzter Operation zerstören während des Prozesses erzeugte und zuströmende Salpetersäure und Sauerstoff-Gas die schon entstandenen Produkte wieder, bilden schwefelsaures und salpetersaures Kali und Krystalle von irisirendem **Schwefelkupfer** zuweilen mit **Schwefel**-Nadeln. Wendet man Blei- statt Kupfer-Nitrat zur Kalium-Protosulphüre an, so entstehen Höckerchen glänzenden **Schwefel-Bleies**, dem Bleiglanze ähnlich u. s. w. [1]). Schon früher hatte Becquerel mit einer einzelnen solchen Glasröhre oktaedrisches **Schwefelsilber**, krystallisirtes **Schwefelkupfer** dem natürlichen ähnlich, **Schwefel-Antimon** in dunkelbraunrothen Oktaedern, **Schwefeleisen** in Würfeln u. s. w. erhalten [2]).

Spencer erlangte binnen 14 Tagen schöne **Kupfer**-Krystalle, indem er eine enge Glasröhre halb mit Kupfersulphat-Auflösung füllte, in diese ein Stück Schwefelkupfer halb eintauchte, darüber Kochsalz so anbrachte, daß es sich nicht mit der Auflösung mischen konnte, und das Gefäß gegen die Sonne geschützt stehen ließ. [3]).

Crosse erzeugte, unbekannt mit Becquerel's gleichartigen Versuchen, viele Mineralien künstlich durch lange **anhaltende galvanische Wirkung von geringer Intensität**, indem er einen galvanischen Strom von Batterie'n mit verschiedener Platten-Kombination, wobei bloßes Wasser als Erreger diente, durch Auflösungen der Mineral-Stoffe leitete. Indem er diesen Strom durch eine Lösung von kohlensaurem Kalke gehen ließ,

---

[1]) Vergl. das Ausführliche im *Institut 1839*, VII, 169—170 > Jahrb. *1840*, 107.

[2]) Jahrb. *1830*, 497.

[3]) Jahrb. *1840*, 230.

erhielt er rhomboedrische **Kalk-Krystalle** am negativen Pole abgesetzt. Wurde ein Stück Ziegelstein 4 — 5 Monat lang mit derselben Lösung befeuchtet gehalten, so besetzte es sich an jenem Theile, welcher, ohne ihn zu berühren, dem positiven Pole am nächsten lag, mit schönen prismatischen **Arragonit**-Krystallen, während sich am negativen Pole etwas absetzte, das Crosse für gewöhnlichen **kohlensauren Kalk** hielt. — In einem ähnlichen mit Kiesel-Fluor-Wasserstoff-Säure angestellten Experimente erschienen am negativen Pole Blei- und am äußersten Theile desselben kleine **Kiesel**?-Krystalle; als man nach 2 — 3 Monaten das Blei auch am positiven Pole entfernte, zeigte sich am untern Theile des Ziegelsteins ein (**Kiesel**-?) Krystall in Form einer 6seitigen Säule bis zur Spitzung entkantet, der aber zu weich war, um Glas zu ritzen. Ein zweiter schöner Krystall von 0'',2 Länge erlangte, einen bis zwei Monate an einem trockenen Orte liegend, die dazu nöthige Härte. — Mit Auflösungen von Kali-Silikat erhielt Crosse kieselerdige und Chalcedon-artige hexaedrische Krystallisationen. Im Ganzen glaubt er außerdem noch folgende Mineralien durch elektrische Wirkungen gebildet zu haben: **rothes Kupfer-Oxydul** (Nro. 75) in undurchsichtigen und durchsichtigen Krystallen; **Kupfer** (Nro. 2) und **Silber** (Nro. 7) in Würfeln und Oktaedern; **arseniksaures** und **kohlensaures Kupfer-Oxyd** (Nro. 258 — 260? und 269 — 270?) in Krystallen; **phosphorsaures Kupfer-Oxyd** (Nro. 274 — 275?); **graues Schwefelkupfer** (Nro. 37 — 40?); **Schwefelsilber** (Nro. 43); **kohlensaures Blei-Oxyd** (Nro. 190) in Krystallen; **gelbes Blei-Oxyd** (Nro. 81?); schwarzes **Eisen-Oxyd** (Nro. 86) warzenförmig; **Schwefel-Eisen** (Nro. 28?, 31?, 34?) **Schwefel-Antimon** (Nro. 56); **Schwefel** (Nro. 26) in Krystallen [1]).

So sieht man durch den natürlichen Zämentations-Prozeß nach längerer Zeit: in Abtritten gelegene Silber-Münzen ohne alle Veränderung an Form und Gepräge in **Schwefelsilber**, in der Erde gelegene Römische Kupfer-Münzen ganz in Kupferoxydul (**Rothkupfererz**) umgewandelt, antike Bronze-Lampen mit einer Kruste von **kohlensaurem Kupfer** und darunter großen würfeligen und kubo-oktaedrischen Krystallen von **Rothkupfererz**, und Münzen mit kleinen Krystallen von **Kupferlasur** und **Malachit** bedeckt, wovon die letzten gerade rhomboidische Prismen zu seyn scheinen [2]).

n. Hier folgen noch andere Darstellungen Becquerels.

Bleiglanz wird auf elektro-chemischem Wege in Tetraedern, statt der bei Sublimationen erscheinenden Würfel und Oktaeder, erlangt. Man füllt eine Glasröhre von 0m005 Weite und 0m1 Länge zuerst 0m03 hoch mit Schwefelquecksilber, gießt eine Lösung von Chlor-Magnesium darüber, steckt ein Blei-Plättchen bis auf den Boden hinein und verschließt den Apparat hermetisch. Nach 4—6 Wochen erscheint über dem Schwefelquecksilber an

[1]) Jahrb. *1839*, 194.

[2]) Becquerel im Jahrb. *1833*, 554; *1840*, 107.

der Röhre ein dünner metallgrauer glänzender Überzug von Bleiglanz-Tetraederchen. Zweifelsohne hatte sich hier ein Doppel-Chlorür von Blei gebildet, Magnesium war frei, das Blei —, die Flüssigkeit + elektrisch geworden; das Blei zog das Quecksilber aus seiner Verbindung, machte so den — elektrischen Schwefel frei, welcher dem Doppel-Chlorür einen Theil seines Bleies entzog [1]).

o. Folgende Methode Becquerels, unauflösliche Mineral-Krystallisationen auf nassem Wege darzustellen, hat mehr Analogie mit den plutonischen Umbildungs-Prozessen; wir wollen ihre Resultate aber, um das Verwandte beisammen zu haben, einstweilen hier mittheilen.

Kali-Hyperoxyd geht mit Metalloxyden nur lose Verbindungen ein. Man stellt es dar, indem man Kali im offenen Silber-Tiegel schmelzt, wodurch es etwas Sauerstoff aufnimmt. Gießt man nach dem Erkalten etwas Wasser darauf, so entweicht wieder Sauerstoff. Bringt man aber in jenen Tiegel 2—3 Gramme reines Kali mit ½ Gramm Kupfer-Deutoxyd zusammen und läßt es einige Minuten lang schwach rothglühen, so löst sich das Deutoxyd vollständig darin auf. Gießet man beim Erkalten Wasser hinzu, so entweicht Sauerstoffgas. Kali-Hyperoxyd hat sich gebildet, Flocken und Krystalle von Kupfer-Deutoxyd (**Kupferschwärze**) fallen nieder. Die Krystalle, zuweilen bis 0m002 lang, sind regelmäßige Tetraeder von lebhaftem Metallglanze (das Hyperoxyd hatte in der höheren Temperatur einen Theil des Kupferoxyds aufgelöst, während der andere sich mit unzersetztem Kali verband). Unterhält man in obigem Falle die Rothglühhitze einige Zeit, so verwandelt sich das Deutoxyd in Protoxyd (**Rothkupfererz**) in kleinen ziegelrothen Krystallen. — Wendet man statt jenes Deutoxyds Bleiprotoxyd an, so erhält man viereckige Tafeln und selbst würfelige Krystalle von Bleiprotoxyd (**gelbes Bleioxyd**) und bei längerer Erhitzung des Tiegels flohbraune sechsseitige Tafeln von Blei-Hyperoxyd. Phosphorsaures und schwefelsaures Blei werden je nach der Dauer und dem Grade der Hitze in Krystalle von Protoxyd und Deutoxyd (**gelbes und rothes Bleioxyd**) umgewandelt. — Chevreuil hatte bereits bemerkt, daß, wenn man in einem Platin-Tiegel Kali nebst Bleioxyd-haltigem Glase erhitzt, dieses Oxyd sich theils reduzirt und mit Platin verbindet, theils in krystallinische Körner von Blei-Hyperoxyd verwandet. — Kobaltoxyd wurde auf dieselbe Weise in viereckigen Tafeln und **Zinkoxyd** in schmutzig-gelben Nadel-Krystallen erhalten [2]).

Daran schließt sich die Krystallisation der **Boraxsäure**, welche zwar im Wasser (in den „Lagunen") erfolgt, in welches sie aber zuerst in Form heißer Dämpfe aufsteigen mußte.

p. Hier noch eine Anzahl von Beobachtungen über gleiche oder verwandte Erscheinungen aus der Natur selbst, welche sich größtentheils den vorigen Rubriken einreihen lassen, bei welchen aber die Bedingungen nicht überall bekannt sind.

---

[1]) Jahrb. *1834*, 54. — [2]) Jahrb. *1833*, 553.

Es war schon S. 184 von der Umwandlung großer Massen **von kohlensaurem Eisenoxydul** oder Eisenspath in **Eisenoxydhydrat** die Rede, welche sehr vielfältig stattfindet. Sismonda beobachtete zu Traversella in Piemont die Krystalle des ersten (meist lenticulaire) auf allen Umwandlungs-Stufen in letztes unter Beibehaltung der Form. Sie finden sich auf Gängen mit Quarz, Eisenkies und Braunkalk. Man kann auf der Lagerstätte selbst wie im Zimmer beobachten, daß die Umwandlung an der Oberfläche beginnt, indem der Eisenspath seine Kohlensäure verliert, sich bräunt und mit staubigem Eisenoxyd-Hydrat bedeckt. Man bemerkt dann an der Oberfläche wie im Innern Eindrücke zersetzter Eisenkies-Kryställchen, in deren Nähe der galvanische Entmischungs-Prozeß beginnt. Diese Kiese sind Leberkiese, welche bekanntlich aus einer zweifachen Verbindung von Schwefeleisen ($Fe\ Su^2 + 9\ Fe\ Su$) bestehen, die selbst schon elektro-chemisch auf einander wirken. Sismonda glaubt nun: aus den Kiesen entstehe zuerst saures schwefelsaures Eisenprotoxyd, dessen überschüssige Säure den Eisenspath in neutrales schwefelsaures Eisen verwandle, — welches selbst wieder durch einen als isomorph beigemischten Kalk zerlegt werde — der aber für's Ganze nicht hinreiche; — daher denn vielleicht der Rest des schwefelsauren Eisens durch Wasser aufgelöst oder durch die damit in Berührung stehenden Erden zerlegt werde; — oder wahrscheinlicher zerlege das Eisenprotosulphat das Wasser, um sich höher zu oxydiren, und das hiedurch befreite Wasserstoffgas entsäure die Schwefelsäure theilweise, so daß sie als schwefelige Säure entweiche [1]. Indessen scheint sich die Sache nach S. 184 einfacher erklären zu lassen. — Derselbe Prozeß findet nach Fournet in den Gängen von Pontgibaud Statt [2].

Eben so bekannt ist die Verwandlung gewisser oben erwähnten Pyrite in erdiges und derbes **Eisenoxydhydrat** an feuchter Luft durch galvanische Wechselwirkung ihrer Bestandtheile. Auch hievon findet man alle Übergangs-Stufen der von außen nach innen fortschreitenden Verwandlungen.

So entsteht zu Pontgibaud durch Trennung der Kiese und Säuerung ihrer beiden Bestandtheile: **blaßgrünes arsenikfaures Eisen** durch Verwitterung von Arsenikkiesen; glasiges oder erdiges kohlensaures Blei (**Bleispath**) aus Bleiglanz; schwefelsaures und saures schwefelsaures Zink (**Zink-Vitriol**) aus Blende; **Kupfer-Vitriol**, auch **Malachit und Kupferprotoxyd**, aus Schwefelkupfer [3].

Eisensinter oder **Eisenpecherz** (arsenikfaures schwefelsaures Eisenoxydhydrat) entsteht nach Stromeyer durch Zersetzung von Arsenikkies. Anfangs war er ein neutrales Oxydul-Salz, das von der zugleich gebildeten Schwefelsäure aufgelöst gehalten wurde, bis er sich durch stärkere Oxydation des Eisens als basisches Salz niedergeschlagen, wobei ein Theil des Auflösungs-Mittels mechanisch zurückgehalten wurde. Nähere Verhältnisse findet man angezeigt in v. Leonhard's Orykt. 129.

---

[1] Jahrb. *1835*, 194. — [2] Jahrb. *1836*, 228.
[3] Fournet im Jahrb. *1836*, 229.

Kohlensaures Kupferoxyd-Hydrat oder **Malachit** bildet sich durch oberflächliche Umwandelung von Schwefelkupfer oder **Kupferglanz** im Ural [1]).

Schwefel-Arsenik oder **Auripigment** entsteht am Harze auf nassem Wege durch Zersetzung verschiedener Arsenik- und Schwefel-haltenden Erze. Hausmann handelt ausführlich davon in Holzmann's Herzyn. Archiv 692 und Hausmann's norddeutschen Beiträgen IV, 34 [2]).

Wißmuth-Ocker (Oxyd) entsteht sichtlich durch Umwandlung von gediegenem Wißmuth [3]).

Bleiglanz-Krystalle bilden sich von innen heraus zuweilen in **graues Bleioxyd** [?] und **kohlensaures Bleioxyd** um [4]).

Chlorsilber entsteht, wenn Silber (Münzen z. B.) längere Zeit in salzigen Flüssigkeiten liegen, im Meerwasser u. dgl. [5]).

Mennig (rothes Bleioxyd) entsteht sowohl durch Umwandelung von Bleiglanz, als von kohlensaurem Bleioxyd [6]). **Arseniksaures Nickeloxyd-Hydrat** entsteht durch Oxydation von Arsenik-Nickel auf Gängen und in Sammlungen u. s. w. [7]).

Arseniksaures Kalkhydrat oder **Pharmakolith** bildet sich fortwährend auf Arsenik-Erzen in Gängen von Urgesteinen [8]).

Arsenige Säure, **Arsenikblüthe**, findet sich in Gängen mit Gediegen- und Schwefel-Arsenik als neues krystallisirtes Erzeugniß [9]).

Merkwürdig ist die große Menge von krystallisirten Bleierzen, welche nach G. Rose in den Beresowsker Gruben im Ural allein aus Bleiglanz entstehen, indem sich dieser oxydirt und mit andern oxydirten Substanzen verbindet und sich so auf der zerfressenen Oberfläche des Bleiglanzes und oft in Berührung mit zerfetztem Bitterspathe absetzt [10]).

Neutral-chroms. Bleioxyd,	Rothbleierz .	$\dot{Pb}\,\ddot{Chr}$	
Basisch- „ „	Melanochroit .	$\dot{Pb}^3\,\ddot{Chr}^2$	
„ „ Kupfer- und Bleioxyd . .	Vauquelinit .	$\dot{Cu}^3\,\ddot{Chr}^2 + 2\,\dot{Pb}^3\,\ddot{Chr}^2$	
Chlorblei . . . . Basisch-phosphorsaures Bleioxyd	Grünbleierz .	$Pb\,\underline{Chl} + 3\,\dot{Pb}^3\,\underline{\ddot{Ph}}$	Bleiglanz. $Pb\,Su^2$
	Vanadin-Bleierz	$Pb\,\underline{Chl}\,\dot{Pb}^2 + 3\,\dot{Pb}^2\,\ddot{Va}$	
Kohlensaures Bleioxyd.	Weißbleierz .	$\dot{Pb}\,\ddot{Ca}$	
Schwefelsaures Bleioxyd,	Vitriol-Bleierz	$Pb\,\ddot{Su}$	

§. 85. Auf die **Afterkrystalle** oder **Pseudomorphosen**, Mineral-Gemische in fremder Krystall-Form, ist schon im vorhergehenden §. hingewiesen worden. Sie können ebenfalls oft über die Prozesse der Mineral-Bildungen Aufschluß geben, auch

1) Jahrb. *1839*, 716.
2) v. Leonhard's Oryktognosie 601. — 3) a. a. O. 561.
4) a. a. O. 628. — 5) a. a. O. 583. — 6) a. a. O. 560.
7) a. a. O. 165. — 8) a. a. O. 161. — 9) a. a. O. 333.
10) Jahrb. *1839*, 575.

wenn man sie nicht während ihrer Entstehung beobachten kann. Sie entstehen meistens durch Wirkung des Galvanismus unter verschiedenen im vorigen §. aufgezählten Bedingnissen und Erscheinungen, auf Gängen, Lagern und im festen Gesteine; selten werden einfach chemische Gesetze oder gar eine bloß mechanische Infiltration zu ihrer Erklärung ausreichen. Man kann bei den Pseudomorphosen im weiteren Sinne des Wortes folgende zwei bis drei Haupt-Arten mit mehren Abstufungen unterscheiden. a. 1) Ein von Gestein rings eingeschlossenes Mineral verschwindet durch Auflösung gänzlich aus seiner Höhle. 2) Diese Höhle wird jetzt mittelst Infiltration durch ein meist ganz fremdes Mineral-Gemisch wieder ausgefüllt (**Abgüsse**), dessen Afterkrystalle dann, wenn sie unvollendet bleiben, immer hohl sind; doch ist diese Art der Bildung weit seltener, als auf den ersten Anblick scheinen mag; eher bestehen diese After-Krystalle aus feinen Krystall-Gruppen. Oder b. 1) ein Mineral gibt einen Theil seiner Mischungs-Theile ab, die andern bleiben in früherer Form zurück; 2) es gibt durch doppelte Wahlverwandtschaft welche ab und empfängt andre dagegen zurück; 3) es empfängt nur welche. Das neue Erzeugniß ist in diesen Fällen im Innern krystallinisch; oder bildet Krystall-Gruppen unter und an der Oberfläche eines Krystalls des vorigen, welcher dadurch innen und außen zellig wird (**Epigenie'n** im engsten Sinne). c. Zuweilen findet man, daß auf einem Krystall aufsitzende Krystalle anderer Art einen Theil ihrer Form in jenen hineingeätzt haben, obgleich sie später entstanden scheinen?

Inzwischen ist nicht allen anzusehen, wie sie entstanden sind, und insbesondere ob ihre Umbildung durch neptunische Kräfte erfolgte; zumal wenn man nicht alle Mineralien genau vergleichen kann, mit denen sie auf ihrer Lagerstätte in unmittelbarer oder mittelbarer Berührung stehen.

Bei Zippe findet man folgende Pseudamorphosen **Böhmens**[1]) aufgeführt, denen wir einige andere einschalten, deren Nummern sich auf §. 53 beziehen.

---

[1]) Jahrb. *1834*, 553.

Urbildungen.		Umbildungen.		Fundstelle.
41. Schwarzgültigerz	$Ag\,As + Ag\,Su$	31. Eisenkies	$Fe\,Su^2$	Joachimsthal, Gang.
206. Baryt	$Ba\,\dddot{S}u$	„ „	desgl.	Przibram, Gang.
53. Rothgültigerz	$Sb^2\,Su^3 + 3\,Ag\,Su$	„ „	desgl	Joachimsthal, Gang.
46. Bleiglanz	$Pb\,Su$	81. Mennig	$Pb^3\,O^4$	(v. Leonh. Orykt. 560.)
190. Weißbleierz	$\dot{P}b\,\ddot{C}$	„ „	desgl.	„ „ „ „
263. Würfelerz	$\dddot{F}e^3\,\dddot{A}s + \dddot{F}e^3\,\dddot{A}s^2 + 18\,Aq$	86. Eisenoxyd	$\dddot{F}e$	(v. Leonh. Or. 166) Gang.
110. Hornblende	$3\,(\dot{C}a\,\dddot{S}i) + (\dot{M}g, \dot{F}e)^3\,\dddot{S}i^2$	108. Augit	$(\dot{M}g, \dot{C}a)\,\dddot{S}i^2$	Ural, Fels.
„ „	desgl.	129. Chlorit		Tyrol, Fels [1].
206. Baryt	$\dot{B}a\,\dddot{S}u$	154. Quarz	$\dddot{S}i$	Przibram, Gang.
184. Kalkspath	$\dot{C}a\,\ddot{C}$	„ „	desgl.	desgl. und Mies, Gang.
31. Eisenkies	$Fe\,Su^2$	„ „	desgl.	Waterford, „ [2])
137. Feldspath	$\dot{K}a\,\dddot{S}i + \dddot{A}l\,\dddot{S}i^3$	166. Zinnerz	$\ddot{S}n$	Cornwall [3]).
172. Wolfram	$\dot{M}n\,\dddot{W} + 3\,\dot{F}e\,\dddot{W}$	170. Scheelit	$\dot{C}a\,\dddot{W}$	Schlackenwald, Stock.
206. Baryt	$\dot{B}a\,\dddot{S}u$	185. Bitterkalk	$\dot{C}a\,\ddot{C} + \dot{M}g\,\ddot{C}$	Horowitz, Gang.
184. Kalkspath	$\dot{C}a\,\ddot{C}$	„ „	desgl.	Przibr. u. Joachth., Gang.
46. Bleiglanz	$Pb\,Su^2$	190. Weißbleierz	$\dot{P}b\,\ddot{C}^2$	Przibram, Gang.
46. Bleiglanz	$Pb\,Su$	200. Braunblei	$\dot{P}b\,Ch^2 + 3\,\dot{P}b^3\,\dddot{P}h^2$	Mies, Gang.
31. Eisenkies	$Fe\,Su^2$	217. Brauneisenstein	$\dddot{F}e^2\,Aq^3$	Eule, Fels.
108. Augit	(s. o.)	222. Speckstein	$\dot{M}g\,\dddot{S}i$	Borislau, Fels.
234. Karpholith	$(\dot{M}n, \dot{F}e)^3\,\dddot{S}i + 3\,\dddot{A}l\,\dddot{S}i + 6\,Aq$	„ „	desgl.	Schlackenwald, Gang.
108. Augit	(s. o.)	250. Grünerde	$Ka\,Fe\,Si\,Aq$	Tyrol, Fels.
137. Feldspath	$\dot{K}a\,\dddot{S}i + 3\,\dddot{A}l\,\dddot{S}i^3$	253. Kaolin	$\dddot{A}l^3\,\dddot{S}i^4 + 6\,Aq$	∞, Fels.
270. Kupferlasur	$2\,\dot{C}u\,\ddot{C} + \dot{C}u\,Aq$	269. Malachit	$\dot{C}u^2\,\ddot{C} + Aq$	∞

[1]) Jahrb. *1840*, 136. — [2]) Holdsworth im Jahrb. *1837*, 688. — [3]) Jahrb. *1839*, 172.

Es geht aus dieser Zusammenstellung hervor, daß Schwerspath unter den Urbildungen vorzüglich geneigt sey zum gänzlichen Verschwinden mit allen seinen Bestandtheilen, und daß Quarz unter den Urbildungen vorzugsweise oft die gänzlich verschwundenen Mineralien ersetze. Bei allen andern sind immer wenigstens einige Elemente beiden Mineral-Bildungen gemeinsam.

Was die **Abgüsse-Bildungen** betrifft, so findet man:

Leere Formen von **Schwerspath** eingeschlossen in derbem, feinkörnigem Braunspath, der oft mit Quarz, auch mit Blende gemengt ist, niemals ausgefüllt mit irgend einem Minerale, nur zuweilen versehen mit kleinen Drüschen von Schwerspath nach ganz andern Formen und von offenbar weit neuerer Entstehung (die aber bei weiterer Fortbildung bis zur Erfüllung der Form Parasiten liefern würden), zu Przibram auf Gängen.

Der Übergang von würfeligem **Eisenkies** in **Brauneisenstein**, indem Sauerstoff und Wasser an die Stelle des Schwefels treten, ist eine sehr gewöhnliche Erscheinung, auch bei größeren Massen, und bereits im vorigen §. erwähnt. Zu Eule in Böhmen findet man die Eisenkies-Krystalle noch unentmischt im chloritischen Thonschiefer sitzen; mit dessen Verwitterung beginnt auch ihre Entmischung und wird nach ihrem Herausfallen aus dem Gesteine vollendet. Der freiwerdende Schwefel mag auf den Schiefer zurückwirken (Zippe).

Eben so häufig ist der Übergang von Feldspath in **Kaolin**, wovon §. 87.

Weißbleierz-Krystalle erheben sich zu Przibram und Mies auf und aus Bleiglanz, dessen Oberfläche sich zerstört und mit Bleimulm umgibt und auf dem sich auch Quarz-Krystalle vorfinden. Der Übergang von Schwerspath in **Eisenkies** findet zu Przibram an freistehenden scharfkantigen Krystallen der variété épointée statt; das Innere ist zuweilen hohl. Dieß ist auch der Quarz, welcher die Schwerspath-Krystalle ersetzt.

Zu Przibram sieht man auch Kalkspath-Krystalle, welche außen in **Quarz** verwandelt innen noch unverändert sind.

Kalkspath-Krystalle, Métastatique, von außen hinein in Braunspath umgewandelt, innen stets hohl. Auf diese Weise ist die ganze alte Kalkspath-Bildung der Gänge von Przibram zerstört; der jetzt vorhandene ist viel neuer und ohne die genannte Form.

Braunspath-Krystalle haben sich im Verhältniß ihrer Ausbildung in Schwerspath, worauf sie sitzen und nach welchem sie entstanden sind, eine korrespondirende Höhle eingefressen, und manche sind dann später wieder verschwunden. Zu Horowitz.

Braunbleierz-Krystalle nach den Würfeln des Bleiglanzes sind innen theils von unregelmäßigen Räumen durchzogen, theils noch aus Bleiglanz bestehend. Mies [1]).

Kupferlasur geht in **Malachit** über, indem sie nach Haidinger

[1]) Zippe a. a. O.

1 Atom Kohlensäure verliert und 1 Atom Wasser aufnimmt. Die Krystalle nehmen dabei von außen nach innen eine büschelartige Aggregat-Form an.

Uralite hat G. Rose solche Krystalle genannt, welche die äußere Form des Augites mit den Spaltungs-Flächen der Hornblende verbinden, wie man sie in Grünstein des Ural, Tyrols und Ostindiens findet, und denen der Smaragdit in dem *Verde di Corsica* genannten Gesteine und nach Tamnan auch der im grünen Trachit bei Rodna in Siebenbürgen beigezählt werden soll. Was nun das chemische Verhalten betrifft, so glaubt Rose, daß sich das Eisenoxydul des Augits zu Oxyd verwandele, welches dann mit Thonerde isomorph ist, wodurch ein geringeres Verhältniß der Kieselerde zu den Basen bedingt wird, das vielleicht jenen der Thonerde haltigen Hornblenden nahe kommt, die nur $\frac{1}{2}$-kieselsaure, während die Thonerde-freie Hornblende $\frac{2}{3}$-bis ganz-kieselsaure Verbindungen besitzt [1]).

Zu Snarum bei Modum in Norwegen sind **Serpentin**-Krystalle nach Formen des Olivins gebildet, der sich außer dem Menge-Verhältniß seiner Bestandtheile nur durch Wasser-Gehalt vom Serpentin unterscheidet, so daß heiße Wasser-Dämpfe und Ausscheidung einiger überschüssigen Mischungs-Theile ganz zur Erklärung der Umänderungen hinreichen. Dann müßte man aber mit gleichem Rechte die Entstehung des ganzen Serpentin-Gebirges, wovon jene Afterkrystalle bloße Fortsetzungen sind, auf dieselbe Weise erklären? Hin und wieder sind Gebirgsart und Krystalle von Bitterspath durchzogen [2]).

§. 86. Auch die Verhältnisse des **Isomerismus** und **Polymorphismus** (§. 56 e) werden über geologische Ereignisse manche Aufschlüsse geben können, sobald man sie noch näher kennen gelernt haben wird.

Hier verweisen wir nur auf das, was §. 56 e gesagt worden. Dann wegen Kalkspath und Arragonit auch auf §. 81 d, und fügen in Beziehung auf letzten noch eine Beobachtung v. Voiths bei. Zu Wolfstein bei Neumarkt in der Oberpfalz findet man im Jura-Dolomit ein 2″ mächtiges Lager, welches im Hangenden aus faserig-stängeligem und Tropfsteinartig zapfenförmigem Arragonit, übrigens aber aus späthigem Kalke besteht, der theils als Überzug auf vorigem sitzt, theils schichtenweise damit wechselt und den liegenden Theil des Lagers bildet. Beiderlei Mineralien scheinen aus der Decke des Lagers ausgeschieden zu seyn, wo der Dolomit etwas mürbe und bröckelig ist, während er im Liegenden einige Zolle tief aufgelockert und wie aufgeweicht ist [3]).

Es ist schon oben erwähnt, daß die Arragonite weniger dauerhaft sind, als die Kalkspathe. Man darf daher glauben, daß unter gewissen Umständen der Arragonit geneigt seye, in Kalkspath überzugehen (S. 233).

---

[1]) Jahrb. *1832*, 437; *1833*, 424; *1834*, 651.
[2]) Quenstedt im Jahrb. *1836*, 213. — [3]) Jahrb. *1836*, 569.

§. 87. Die **Zersetzungs-Prozesse** einzelner Mineralien liefern uns Aufschluß über die **ganzer Gebirge**. Was die Zersetzung der Mineral-Arten überhaupt betrifft, so ist es oft aufgefallen, daß dieselbe Art bald leicht, bald schwer zersetzbar sey. Dieß hängt oft ab von dem elektrisch-galvanischen Verhältniß zwischen ihr und zufälligen kleinen Einmengungen fremder Materien, oder benachbarten Mineral-Arten, oder der Gebirgsart, oder zwischen dieser und der zunächst angelagerten Gebirgsart, von Quellen- und Luft-Feuchtigkeit, von dem Abkühlungs-Grade der Lagerstätte. Fournet und, wie es scheint, Berzelius vor ihm nehmen an, daß eine Mineral-Art bei hoher Hitze gebildet wenigstens eine Zeit lang dauerhafter sey, als nach Entstehung auf nassem Wege. Auch sind Mineral-Mischungen, welche in zweierlei Form krystallisiren können, nicht in beiden gleich dauerhaft. Hier ist zuerst der **Zersetzung** gewisser Mineralien in solche zu gedenken, welche in der Regel nicht mehr krystallisiren, sondern in einem erdigen oder amorphen Zustande verbleiben, wie das bei der **Verwitterung** vieler Felsarten der Fall ist. Die wichtigsten dieser Mineralien sind der **Feldspath**, der **Augit** und die **Hornblende, Eisenspath, Eisenkies** [1]) u. a.

A. Die **Zersetzung des Feldspathes zu Kaolin** ist ein außerordentlich verbreiteter und in seinen geologischen Folgen einer der wichtigsten Prozesse, wodurch allmählich ganze Feldspath-reiche Gebirge zerfallen, da der Kaolin nicht wieder krystallisirt, sondern in einem erdigen Zustande bleibt. Nach der Analogie seiner Entstehung ist auch die mancher anderer Thone zu betrachten.

b. Die äußeren Erscheinungen der Verwitterung beschreibt Fournet auf folgende Art. An den in Zersetzung begriffenen geschichteten **Graniten** kann man drei Zonen übereinander unterscheiden. Über noch unangegriffenem Granite ruht zunächst eine Lage anscheinend noch unveränderten Granites, dessen Feldspath-Krystalle auch noch alle ihre Form besitzen, welcher aber unter einem Hammerschlage gänzlich zerfällt, wie man denn überhaupt anscheinend frische Granit-Stücke zu Hause öfters bald zerfallen sieht. Die zweite Lage ist grün mit noch unvollkommen oxydirtem Eisen. Die oberste ist ein rother oder gelber Thon, durch Eisenoxyd-Hydrat gefärbt, woraus bei'm Trockenwerden oft Ausblühungen erfolgen, indem durch Oxydation des Eisens das Alkali frei wird. Quarz- und Glimmer-Theile verbleiben dabei in ihrer ersten Lage zwischen dem Feldspathe, so lange nicht

[1]) v. Leonhards Geologie und Geognosie, als Theil unserer Naturgeschichte, S. 632—637.

Regenwasser, Erschütterungen u. dgl. sie einsinken machen, auswaschen und fortschlämmen. — In **Basalten, Phonolithen, Trachyten** u. dgl. entstehen zuerst zerstreute erdige Punkte mit scharfer Begrenzung, welche an Zahl und Größe allmählich zunehmen; sodann tritt eine kuboidische Zerklüftung mit abgerundeten Kanten ein, und die Felsart schwillt auf; es entstehen konzentrische Abblätterungen kugeliger Massen von Erbsen- bis zur Kopf-Größe, das Gestein wird erdig und für chemische Einwirkungen geöffnet; nun erst oxydirt sich das dunkle Eisen höher, wird röthlich und gelb. — Zu Poullauen in Bretagne sind auf große Strecken hin die **Aphanite** in Kugeln zerfallen. Ähnlich verhalten sich endlich die prismatischen Granite. — Nach Benza [1]) verwandelt sich der **Syenit-Granit** der Neilgherries in Indien durch Zersetzung zuerst in eine trockne und zerreibliche, doch oft noch zum Bauen brauchbare Substanz; dann in eine weiche Erde, worin die verschiedenen Mineralien noch ihre gegenseitige Lage behaupten, die Hornblende geht durch Oxydation ihres Eisen-Gehaltes in eine rothe ockerige Substanz, der Feldspath durch Verlust seines Alkali's u. s. w. in Kaolin, die vielen Granaten gehen in eine Scharlach-Erde über, der Quarz wird zerreiblich, während der Quarz der Gänge unverändert bleibt, der Feldspath der Gänge aber sich in einen blendend weißen Kaolin verwandelt. So ist die Verwitterung bis zu 40′ Tiefe fortgeschritten und geht noch immer weiter. Darüber sieht man hin und wieder eine gelbe ockerige sehr kieselreiche Erde, ganz wie Tripel, welche von einem eisenschüssigen Quarze herzurühren scheint. Auch Schrift-Granit gibt schöne Kaolin-Masse. — Nach Forchhammer ist der in ganz Dänemark sehr gewöhnliche gelbe Thon ein zersetzter Skandinavischer Granit, dessen Glimmer unzersetzt aber mechanisch fein zertheilt worden, dessen Quarz als Sand, dessen Magnet- und Titan-Eisen als Eisen- und Titan-Oxyd ihm beigemengt ist; — eben so mag der dortige blaue Thon ein Kaolin ohne Glimmer und daher aus Syenit und Grünstein entstanden seyn. — Fournet hält übrigens das reine kalte Wasser nicht für hinreichend, um die erwähnte Zersetzung zu bewirken, sondern nur kohlensaures Wasser, oder die Kohlensäure der Luft, welche als stärkere Säure die Kieselerde aus ihrer Verbindung verdränge und sich vorzüglich gern ihrer stärkeren Basen bemächtige, weßhalb der Kalk- und Talk-Feldspath mehr als die Kali-Feldspathe widerstehen. Die frisch ausgeschiedene Kieselerde ist gallertartig und wirklich mit Wasser, wässriger Kohlensäure und reinen und kohlensauren Alkalien verbindbar (S. 212). Die Zersetzung wird aber auch noch begünstigt durch Anwesenheit von Eisen- und Mangan-Oxydul, das sich in Oxyd-Hydrat verwandelt und hiedurch nicht nur die Neutralität der Verbindung aufhebt, sondern auch den Zusammenhang der Theile schwächt und die Umwandlung der Kieselthonerde in Kieselthonerde-Hydrat im Verhältnisse von $\dot{A}l\,\dddot{S}i$ oder $Al^3\,Si^4$ herbeiführt. Eben so wirken die effloreszirenden Schwefelkiese, welche in wenigen Graniten fehlen. Fournet führt als Beleg an,

---

[1]) Jahrb. *1838*, 713.

daß die vielen kohlensäuerlichen Quellen von Castelguyon in Auvergne alle Spalten des Granites, aus denen sie hervortreten, ausgeweitet und mit Eisen-Hydrat überzogen haben [1]). Forchhammer'n ist es gelungen, Feldspath durch heißes Wasser zu zerlegen, woraus er folgert, es möchten heiße Wasser-Dämpfe unter hohem Druck den Pegmatit in Kaolin verwandelt haben.

c. Was den Zersetzungs-Prozeß selbst betrifft, so stellt ihn Forchhammer auf folgende Weise dar. Drei Atome Feldspath (Orthoklas) bestehen aus . . . . . . $\dddot{Al}^3\ \dddot{Si}^9 + \dot{Ka}^3\ \dddot{Si}^3 = \underline{\dddot{Al}^3\ \dddot{Si}^4} + \dot{Ka}^3\ \dddot{Si}^8$.

Der Kaolin von Sedlitz, Schneeberg, Limoges, Bornholm, Kall, Almerode (und Cornwall nach Boase [2])?) besteht nach Ausschluß zufälliger Gemengtheile aus . . . Kieselerde 47,028, Thonerde 39,233, Wasser 13,739 $= \underline{\dddot{Al}^3\ \dddot{Si}^4}$,

so daß mithin durch die Zersetzung des ersten verschwunden ist $\dot{Ka}^3 + \dddot{Si}^8$, welche Zusammensetzung dem Fuchs'schen Wasserglase (0,26 Ka, 0,62 Si, 0,12 Aq) zu entsprechen scheint, welches sich langsam in kaltem, schnell in kochendem Wasser auflöst, also leicht durch allmähliche Auswaschung aus dem Feldspath oder Kaolin verschwinden könnte.

Dagegen besteht die Porzellanerde aus der Kohlen-Formation von Cheshire und jene von Passau, welche nach Fuchs nicht aus Orthoklas, sondern aus Porzellanspath entsteht, nach Forchhammer aus Kieselerde + 46,92, Thonerde + 34,81, Wasser + 18,27 $\underline{\dddot{Al}^2}\ \dddot{Si}^3 + \underline{\dot{Aq}}^6$

und entspricht daher nicht der obigen Theorie [3]). Übrigens pflegen den Kaolinen noch andre Gemengtheile des Granites: Glimmer, Quarz, unzersetzter Feldspath, Zinkoxyd u. dgl. sogar bis zu 0,90 des Ganzen beigemengt zu seyn.

Turner [4]) gibt die Zusammensetzung von Feldspath und Kaolin so an:

Feldspath . . $(\underline{\dddot{Al}} + 9\dddot{Si}) + (\dot{Ka} + 3\ \dddot{Si})$

Kaolin . . . $(\underline{\dddot{Al}} + 3\tfrac{1}{2}\dddot{Si})$

Rest bei 1 Atom $5\tfrac{1}{2}\dddot{Si} + (\dot{Ka} + 3\ \dddot{Si})$

und bemerkt, daß er in der Porzellanerde von Villarica auch 0,213 Wasser gefunden und Roger in jener von Mont-Dore ein ähnliches Resultat erhalten habe.

Fournet nimmt an, es zerlege sich durch Galvanismus [5])

---

[1]) Jahrb. *1836*, 85—87. — [2]) Jahrb. *1837*, 573.
[3]) Jahrb. *1835*, 686. — [4]) Jahrb. *1835*, 696.
[5]) Jahrb. *1836*, 86.

α. der Feldspath von Aue in Sachsen und Limoges	= $Ka\ Al^3\ Si^{12}$	(= 16,5 + 17,5 + 66,0)
in Kaolin	= $Al^3\ Si^3$	(= 48 Al + 32 Si)
und eine auflösliche Verbindung	= $Ka\ \ Si^9$.	
β. aber der Feldspath von Passan, Meissen, St. Tropez, England bei gleicher Zusammensetzung		
in Kaolin	$Al^3\ Si^4$	(447 Al + 553 Si)
und eine auflösliche Verbindung	$Ka\ \ Si^8$.	

Wenn man den Wasser-Gehalt mit berücksichtigte, so wäre im Kaolin enthalten

	bei α			bei β	
	MG.	in Prozent.		MG.	in Prozent.	d. i.
Kieselerde	11 =	0,2273	gibt keine	12 =	0,2422	$Si^4\ Al^3\ Aq^2$
Thonerde	9 =	0,1909	einfache	9 =	0,1800	od. $Si^4 Al^2 + Al\ Aq^2$
Wasser	6 =	0,1366	Formel	6 =	0,1319	fast = Halloisit.

d. Brongniart [1]) findet die Entstehungs-Weise und die Zusammensetzung des Kaolins nicht so gleichförmig und einfach. Er bemerkt, daß aus verschiedenen Fels- und Feldspath-Arten auf ungleichen Zersetzungs-Stufen auch verschieden zusammengesetzte Kaoline zurückbleiben, ja ihnen sogar fremde Bestandtheile von verschiedener Art und Menge und insbesondere Kieselerde aus den übrigen Gemengtheilen der Felsart wieder zugeführt werden konnten. Pegmatit gebe fast nur allein das schöne Porzellan, und oft könne man dessen Übergang durch Zersetzung bis in fertigen Kaolin verfolgen. Die wahren Kaolin-Gesteine liegen noch am Orte ihrer ersten Bildung und gehören wesentlich den krystallinischen plutonischen Felsarten an. Es sind die

Pegmatite	von	St. Yrieix, Cambo, Stephens in Cornwall,
Gneiße	„ „ „	bei Limoges, Passau,
Granite	„	Aue bei Schneeberg, und Sedlitz bei Freiberg in Sachsen,
Eurite	„	Tretto im Vicentinischen,
Diorite	„	St. Yrieix,
Porphyre	„	Morl [?] in Sachsen,
Arkosen	„	Husson, Souxillange in Auvergne, schlecht.

Wie verschieden unter solchen Verhältnissen die Zerlegungen des Kaolins ausfallen müssen, ergibt sich aus folgender Zusammenstellung, wobei das Wasser nicht beachtet ist.

[1]) Jahrb. *1839*, 484.

			Kiesel-erde.	Alaun-erde.	Kali.
Granit-Kaolin	von	Schneeberg	52	48	
Gneiß-	„	„ Passau	53	47	
?		„ St. Yrieix	54	43	2
Pegmatit-	„	„ St. Stephens	54,3	43,2	1,6
?	„	„ Les Pieux bis Cherbourg . .	55	45	
?	„	„ Louhoussua bis Bayonne . .	57	43	
	„	„ Meissen	56	44 [1]).	

e. Der Feldspath geht aber durch Verwitterung auch sehr häufig in eine Speckstein-artige Masse über im Porphyr, Granit und Syenit, was noch eine nähere Untersuchung erfordert [2]). Wichtige Andeutungen zu näherer Untersuchung der Frage siehe in v. Leonhards Basalte. Auch wegen **Bol** [3]).

f. Beachtenswerth sind noch die durchscheinenden **Thon-Silikat-Hydrate** in Nieren und auf Gängen jüngerer Sandsteine, welche Dufrenoy zerlegt hat [4]).

B. Zunächst wichtig ist die Verwitterung der **Augite** und **Hornblenden**, sey es, daß sie nur einen einzelnen Gemengtheil oder die ganze Bestand-Masse verschiedener, freilich meist aus Feuer erzeugter Felsarten ausmachen, welche denn oft in Masse in eine rothe eisenschüssige Erde zerfallen.

b. Turner'n scheint hiebei das Eisenoxydul beider Mineralien durch feuchte Sauerstoff-Luft und Kohlensäure zuerst in kohlensaures Eisenoxydul, dann in Oxydul-Hydrat und endlich in Eisenoxyd-Hydrat verwandelt zu werden, wodurch das Gestein mürbe, erdig und rothbraun von Farbe wird [5]). Solchen Ursprungs mögen die unermeßlichen **Laterit**-Ablagerungen seyn, welche einen so großen Theil Ostindiens bedecken?

C. Eisenspath oder kohlensaures Eisenoxydul (mit etwas Manganoxyd, Kalk- und Talk-Erde), welches den Anamesiten und Basalten von Hanau und Göttingen eingemengt ist und sich darin mithin schon auf der ersten Verwandlungs-Stufe befindet, welche der Augit dieser Gesteine nach **B** durch die Verwitterung erreicht, verwandelt sich gleichfalls leicht in rothes Eisenoxyd-Hydrat (S. 184) und

---

[1]) > *l'Inst. 1840*, 446—448. Die ausführlichere Abhandlung über diesen Gegenstand ist jetzt erschienen in den *Archives du Museum d'hist. nat. de Paris.*
[2]) G. Leonhard im Jahrb. *1839*, 52—53.
[3]) Ebendas. 248. — [4]) Jahrb. *1834*, 451.
[5]) Jahrb. *1835*, 694.

veranlaßt so das schnelle Zerfallen dieser Felsarten und die Bildung einer sehr fruchtbaren **Dammerde** [1]).

D. Schwefeleisen, besonders der Leberkies, doch auch selbst Eisenkies, wenn er in lockerem, dem Wasser zugänglichem Gesteine fein eingesprengt ist, zersetzen sich sehr leicht, indem sie Schwefel abgeben und Sauerstoff mit Wasser aufnehmen, ebenfalls zu dem erwähnten Oxyd-Hydrat; oder indem sie durch Säuerung von Schwefel und Eisen in Vitriol übergehen, welchen das Wasser auswäscht, wie schon mehrmals erwähnt worden. In beiden Fällen führen sie das Zerfallen der vielen Gesteine, denen sie beigemengt sind, um so leichter herbei, als leichter die Zerlegung selbst durch Wechselwirkung mit deren übrigen Bestandtheilen erfolgt oder die Zerlegungs-Produkte in solche treten.

b. Ein interessantes Beispiel eines komplizirten Zersetzungs-Prozesses der Eisenkiese erzählt Scheerer [2]). Der **Alaunschiefer** von **Modum** in **Norwegen** ist stellenweise sehr zerklüftet, porös, der Luft ausgesetzt und reich an fein eingesprengtem Schwefelkies. An einer Stelle sieht man eine Höhle in ihm, an deren Decke und Wänden sich ein Theil der vom Wasser ausgewaschenen Bestandtheile wieder abgesetzt hat und gegen weitere Veränderung durch die Witterung geschützt blieb. Der Alaunschiefer zunächst über der Höhle enthält keine glänzenden Punkte von Eisenkies mehr und ist durchaus dunkel rothfarbig geworden. Darunter hat sich eine Schichte A von der nämlichen dunkelbraunen fettglänzenden unauflöslichen Substanz ohne fremde Beimischung abgesetzt; unter dieser eine deutlich geschiedene hellgelbe, ebenfalls unauflösliche Lage B in Tropfstein-artigen Bildungen; und zuletzt ein weißlicher Überzug mit kleinen Krystallen, C. Die Analyse ergab für

	A	B (Mittel)	C
Eisenoxyd	80,73	49,50	
Schwefelsäure	6,00	32,45	∞
Natron		5,15	
Kalkerde			∞
Wasser	13,51	13,10	∞
	100,30	100,10	
	$2(\dddot{\mathrm{Fe}}^{7}\,\dddot{\mathrm{Su}}) + 21\,\dot{\mathrm{H}}$	$4\,\dddot{\mathrm{Fe}}\,\dddot{\mathrm{Su}} + \mathrm{N}\,\dddot{\mathrm{Su}} + 9\,\dot{\mathrm{H}}$	$\ddot{\mathrm{Ca}}\,\dddot{\mathrm{Su}}^{2} + 4\,\dot{\mathrm{H}}$
	20fach basisch schwefelsaures Eisenoxyd		Gyps.

Wahrscheinlich waren indessen anfangs noch mehr Zersetzungs-Produkte vorhanden, welche aber größerer Auflöslichkeit wegen weiter fortgeführt wurden. Das erste Zersetzungs-Produkt war wohl schwefelsaures

[1]) Hausmann, Jahrb. *1837*, 553. — [2]) Jahrb. *1839*, 192.

Eisenoxydul oder Eisen-Vitriol, dessen Auflösung sich an der Luft oxydirte und — statt wie gewöhnlich: fünffach basisch schwefelsaures Eisenoxyd — aus unbekannten Ursachen das obige zwanzigfache abgesetzt hat. Das Alkali scheint aus dem Thonschiefer-Gestein erst dann extrahirt worden zu seyn, als es schon einen Theil seines Eisens verloren hatte; doch ist es auffallend, dessen Absatz so streng geschieden zu sehen. Kalkerde hatte wohl einen Theil der die Eisensalze auflösenden Säure gesättigt und so zum Niederschlag der lezten mitgewirkt.

E. Eine auffallende Erscheinung ist, daß dasselbe Mineral-Gemische, wenn es in zweierlei Formen krystallisirt, in beiden nicht gleich dauerhaft ist.

So führt Fournet an, daß

Granat leichter als Idokras zerreiblich werde, und

Arragonit leichter als Kalkspath verwittere und in Auvergne in Masse zerfalle (S. 211, 226).

§. 88. Die oben erwähnte „**Molekular-Anziehung**" (§. 60 b) zwischen homogenen noch nicht erstarrten Mineral-Theilchen hat auch die neptunischen Bildungen in der Weise beherrscht, daß eine Menge von Erzeugnissen derselben darin vorkommen, mit dem Unterschiede jedoch, daß, da die wässrigen Auflösungen eine nicht genügende Tragkraft dafür besitzen, sie hier entweder nur von mikroskopischer Kleinheit seyn können, oder als spätere Erzeugnisse in dem lange Zeit weich gebliebenen oder auch schon ganz erhärteten, sich aber hinsichtlich ihrer Elemente wie ein Schwamm verhaltenden, Gesteine zu betrachten sind. Die Bildungs-Form ist noch dieselbe, wie bei der einfachen Attraktion (Sphäroid), und wie die Affinität auch das Innere der Krystalle nach verwandten Gesetzen durch Flächen theilt, so mag in günstigen Fällen auch hier das Innere einer homogenen Masse sich in sphäroidische Theile ordnen und sondern. Diese Bildungen sind hauptsächlich theils mergeliger, theils kieseliger Natur. Zu jenen gehören, um nur die häufigsten zu nennen, die „**Steine von Lyme Regis**" im Liasschiefer, die **Imatra-Steine** des Russischen Schuttlandes?, die **Augen-** und **Brillen-Steine** der Ober-Ägyptischen u. a. Kreide, die **Malrekor** oder **Räkedbröd** von Tunaberg in Schweden; — zu diesen die theils reinen Kieselerde-Gebilde: **Kieselnieren** und **Chailles** der jüngeren Jura-Formation, die **Feuerstein-Nieren** der Kreide, **Chalcedon-Kugeln** der Tertiär-Schichten (Pont du Château), theils Kieselerde-Hydrate, als **Menilithe, Opale, Jaspopale** und **Halbopale** der tertiären Kalke; endlich die

Kiesel-Ringchen vieler Muschel-Versteinerungen in allen Formationen; — auch gehören wohl die **Erbsen-** und **Roggen-Steine** zum Theil als besondere Modifikation hieher.

b. Ehrenberg hat diesen Gegenstand neuerlich mit großer Ausführlichkeit behandelt, jedoch nicht alle eben genannten, sondern nur die mergeligen Gebilde von gleicher Grund-Ursache abgeleitet. Er bezeichnet sie mit dem Kollektiv-Namen **Krystalloide** oder **Morpholithe** und die Kraft als **krystalloidische** oder **morpholithische Kraft** [1]), welche er als eine bloß ordnende, formende, nicht chemisch wandelnde charakterisirt und als eine Nüance der allgemeinen bildenden Kraft der Krystallisations-Kraft zur Seite stellt. Wir haben oben schon erwähnt, daß sie auch diese unterstütze, wie anderntheils Ehrenberg bemerkt hat, daß zuweilen das, was die eine mit mikroskopischem Anfange geordnet hat, oft plötzlich von der andern zu parallelepipedischen Formen gestaltet und erstarrt werde. In Verbindung mit einander wirkend sieht man sie in den **Glaskopf-** und vielen **Tropfstein-artigen Gebilden**, den **Eisenkies-Kugeln** der Liasschiefer und in vielen **Krystall-Drusen, Dendriten** u. s. w.

c. Auf künstlichem Wege konnte E. nur die Bildung von mikroskopisch kleinen Körperchen durch die bezeichnete Kraft in chemischen Kalk-Niederschlägen verfolgen. Er erkannte darin regelmäßig geformte Körperchen, die sich aus sehr vielen kleinen scheinbar rundlichen Theilchen sichtlich zusammensetzen und verschiedene Entwicklungs-Stufen ihrer Form haben, die auch von einer innern zentralen Anziehungskraft abhängen. Es bilden sich nämlich aus einer sehr feinen Trübung zuerst einfache feinkörnige Kugeln, Doppelkugeln, Nieren, Doppelnieren, Gliederstäbe und körnige Ringe oder auch gelappte und Brombeer-artige Gestalten. Die ersten 4 sind einfache, die andern zusammengesetzte Formen. Dieser kleinsten Morpholithen bemächtigt sich dann die Krystallisations-Kraft oft plötzlich, zauberartig rasch, und verwandelt jeden derselben in einen Krystall, wogegen Ehrenberg nie einen solchen sich unmittelbar aus materiellen sichtbaren Theilchen zusammensetzen sah. Die künstliche Bildung größerer Morpholithe zu bewirken oder zu beobachten war ihm nicht möglich.

d. In der Natur kommen dieselben kleinen Bildungen in Kreide und Kaolin vor, aber auch andere bis zur Kopf-Größe gewöhnlich Flächenweise in den Gebirgs-Schichten vertheilt. Bald sind es regelmäßige Kugeln, bald zu runden Scheiben abgeplattete, bald Nieren- und Spindel-förmig in die Länge gezogene. Die Scheibe oder Kugel besteht oft aus untrennbaren oder trennbaren konzentrischen Ringen oder Hohlkugeln um einen kugeligen Kern (**Augensteine, Kieselringchen, Kugel-Jaspisse**). Bilden sich mehre Elemente dieser Art nahe beisammen, so fließen endlich zwei (**Doppelaugensteine, Brillensteine**) und mehre mit ihrem Umfange zusammen, entweder in einer regelmäßigen oder einer unregelmäßigen Anordnung: die Imatra-Steine und die Malrekor nämlich bis zu 3—4—5

[1]) Jahrb. *1840*, 679—686.

in gerader Linie und gleichen Abständen ihrer Mittelpunkte neben einander liegend (**Gliederstäbe**) oder, wenn sie eine Spindelform besitzen, so, daß die Achse des einen mit ihrem Ende an das Ende der Achse des anderen rechtwinkelig anstößt. Oder die ohne alle regelmäßige Anordnung in einerlei Fläche vertheilt liegenden Morpholithen fließen auch ohne alle bestimmte Regel zusammen (manche plattenförmige Feuersteine und Menilithe) oder breiten sich in unbestimmter Kuchenform aus, oder endlich sie liegen auch gar nicht sehr auf bestimmte Gesteins-Flächen beschränkt (Kiesel-Nieren und Chailles). Bei einigen der minder regelmäßigen Gebilde, Feuersteinen, wie auch bei den **Sphärosiderit-Nieren** der Steinkohlen-Formation haben noch andere, später zu bezeichnenden Bildungs-Ursachen auf ihre Vertheilung, äußere Form und Oberfläche mitgewirkt, weßhalb sie Ehrenberg bei Untersuchung der Morpholithe ganz ausgeschlossen und nur jene berücksichtigt hat, bei welchen die ordnende morpholitische Kraft in größter Unabhängigkeit, Reinheit und Regelmäßigkeit auf Lagerung, Textur und Form wirken konnte. Er macht zur Unterscheidung darauf aufmerksam, daß Krystalle, Kugel-Jaspisse und Feuerstein-Kugeln zuweilen fremdartige Körper in unregelmäßiger Vertheilung in sich einschließen, während dieselben in den Morpholithen nur in gleichfalls konzentrischer Weise geordnet seyen.

e. Was das Vorkommen im Besondern der mergeligen Gebilde betrifft, so haben wir schon oben darauf hingedeutet. Hier noch einige besondere Nachweisungen. Die Ägyptischen Stein-Gebilde von Kugel-, Augen- und Doppelaugen- oder Brillen- und Ring-Form und gewöhnlich 3″—4″, selten bis 1′ Durchmesser finden sich nach Ehrenberg häufig in einer horizontalen schmalen Mergel-Lage mitten in [? Kreide-] Kalk-Felsen bei Denderah in Ober-Ägypten; sie enthalten zuweilen Kreide-Thierchen, insbesondere Textilaria globulosa eingeschlossen. — Ähnliche Gebilde sah derselbe zwischen den Feuersteinen der Kreide von Rügen. — Die Schwedischen Mergel-Gebilde der Art, **Malrekor** und **Räkedbröd**, bei Linné und Gmelin **Tophus Ludus** und **Marga porosa** genannt, sind die regelmäßigsten von allen. Jene von Tunaberg sind zu Tausenden erst seit wenigen Jahren bei der Fada-Mühle in einem Lager von feinem blauem Thone entdeckt worden [1]). Die **Imatra-Steine** kommen in Rußland am Fuße des Imatra-Wasserfalles und auch 4 Werste weiter und vom Flusse entfernt, dann zu Paulowsky, zu Kronstadt, zu Oranienbaum, zu Archangel u. s. w. vor. Am ersten Orte enthalten alle kohlensauren Kalk, Kieselerde, Thonerde und Eisenoxyd, auch 0,045 Schwefel, aber keinen Sand. Die Erde des Diluvial-, Sand- und Lehm-Gebirges, das sie einschließt, enthält Sand, Kieselerde, eisenschüssige Thonerde, aber keinen Kalk und Schwefel, kann ihnen daher ihre Elemente nicht unmittelbar geliefert haben. Parrot schreibt ihnen thierischen Ursprung zu [2]), bemerkt jedoch, daß fast alle aus konzentrischen Ringen bestehenden Steine der Art ein Stück gelben Kalksteines

---

[1]) Ehrenberg a. O. — [2]) Jahrb. *1840*, 714—717.

einschließen, der ihre innere Organisation, aber nicht ihre äußere Form stört, wo also die morpholitische Kraft doch bereits einem fremden Anziehungs-Punkte gefolgt wäre! Nach E. Hofmann und Böthlingk [1]) sind es Kalk-Konkrezionen, die sich an Ort und Stelle bildeten, wie die **„Steine von Lyme Regis"**. Diese liegen von Mergel umgeben unter einer Lias-Bank und sind nach De la Beche entstanden durch Kalk-Materie, welche von diesem Mergel angezogen darin eine Kalk-reichere Stein-Schichte gebildet habe, die sich später in die „Steine von Lyme Regis" trennte.

f. Unter den kieseligen Bildungen sind insbesondre die an vielen Versteinungen aller Formationen sitzenden Kiesel-Ringchen darum bemerkenswerth, weil sie ebenfalls aus oft trennbaren konzentrischen Ringen bestehen. Al. Brongniart [2]), L. v. Buch [3]) und v. Voith [4]) haben sie ausführlich beschrieben, und erster insbesondere hat aufmerksam gemacht auf die Verwandtschaft dieser Bildung mit der der sphäroidischen, ellipsoidischen und ovoidischen Feuerstein- und Hornstein-Konkrezionen und zumal der sogenannten Chalcedon-Stalaktiten, welche alle ebenfalls aus zahlreichen konzentrischen Schichten bestehen. Er hat nachgewiesen, daß die Kieselscheibchen sogar mit konzentrischen Ringchen auch auf andere Weise als auf organischen Körpern vorkommen. So in dem, dem Lias eingelagerten Gypse bei Krackau freie Kiesel- oder Chalcedon-Scheibchen, denen auf Belemniten des Lias ähnlich, nur regelmäßiger [vielleicht Überreste von solchen Petrefakten, welche mit dem Kalkstein in Gyps umgewandelt worden?]; — ähnliche von unbeträchtlicher Dicke auf einer Achat-Kugel von Oberstein u. A.; Chalcedon-Scheibchen mit mehr als 20fachen sehr regelmäßigen Ringchen auf Kluft-Flächen eines sehr dichten Sandsteins von May bei Caen; etwas dickere, mitten zitzenförmige sehr regelmäßige Chalcedon-Scheibchen auf dem Mergel eines Gyps-Gebirges bei Cazoul-lez-Beziers, an deren Unterseite der Quarz in den Mergel hinein krystallisirt ist; sehr regelmäßige Scheibchen und Halbkugeln auf Kluft-Flächen eines Aphanits aus Auvergne; mehr im Großen an Pechstein-Nieren im Paläotherien-Gypse bei Paris; und endlich sehr deutlich an einer Feuerstein-Scheibe aus Ober-Ägypten, wo an den Enden einiger nicht vollendeten Ringe ihre inwendige konkave Fläche sichtbar ist.

g. Höchst merkwürdig sind die rundlichen großen Kiesel-Massen im tertiären Süßwasserkalke von Vaucluse, welche aus konzentrischen abwechselnden Schichten kieseliger und kalkiger Natur bestehen, die ersten mit Potamiden-artigen Schnecken. Es sind dieß daher völlige Mitteldinge, ihrem chemischen Bestande nach, zwischen beiden Abtheilungen der Morpholithe, und ihrer Bildung läßt sich auch nicht wohl anders als bei den konzentrischen Mergel-Gebilden erklären [5]).

---

[1]) Jahrb. *1839*, 724. — [2]) Jahrb. *1832*, 297.
[3]) Jahrb. *1832*, 249. — [4]) Jahrb. *1836*, 290.
[5]) Lecoq im Jahrb. *1835*, 553.

h. Die kugeligen, nierenförmigen, lappigen und plattenartigen **Feuerstein-, Menilith- und Opal**-Gebilde der Kreide- und tertiären Kalk-Schichten hat Ehrenberg bei einer andern Veranlassung der Betrachtung unterworfen [1]. Als Grundlage ihres mechanischen Bildungs-Prozesses nimmt er zwar eine mechanische Ansammlung kieseliger und kalkiger lockerer Theilchen meistens organischen Ursprunges auf dem Grunde des Meeres zwischen **Spongien** und **Tangen** nach Maasgabe ihrer Eigenschwere an, worauf aber dann die kieseligen unter Ausscheidung der kalkigen so, wie das lockere Mehl im gährenden Teige zusammenfließt, sich näher zusammenbegaben, zur Bildung jener Kugeln u. s. w. mit einander verflossen, die dann von einem oder mehren Mittelpunkten aus nach allen Seiten wachsend in die geschichteten Umgebungen aus andern lockern Kiesel-Theilchen eindrangen und auch diese mit in sich aufnahmen und noch aufnehmen, so jedoch, daß man Spuren der ursprünglichen Schicht-Flächen der letzten auch in ersten noch kann fortsetzen sehen.

i. Sind auch die mergeligen und kieseligen Sphäroide beschriebener Art in ihrer Substanz und gewöhnlich auch in manchen andern Verhältnissen, die zum Theil nur von dieser abhängen, von einander verschieden, so möchte ihre Bildungs-Kraft doch dieselbe seyn. Denn nicht nur stellen die Vaucluser Konkrezionen auch hinsichtlich der Substanz völlige Mittelglieder dar, nicht nur zeigen sie gleich den Kiesel-Scheibchen und den Chalcedon-Tropfsteinen eine sehr auffallende Übereinstimmung in der konzentrischen Gestaltung, nicht nur erweisen sich die Imatra-Steine sehr abweichend von der Mineral-Natur des Mutter-Gesteines, wie es bei den Kiesel-Bildungen weit gewöhnlicher und stärker der Fall ist, obschon hier auch wieder das Gegentheil vorkommt, sondern es finden sich auch in vielen Imatra-Steinen fremdartige Anziehungs-Punkte, wie sie den meisten Feuersteinen zu Grunde liegen mögen. Der wahrscheinlich gallertartige Zustand der Kiesel-Gebilde zur Zeit ihrer Entstehung, die, den Mergeln abgehende Neigung der Kieselerde sich in der Nähe von animalen und vegetabilen Resten anzusammeln, wofür sich chemische Gründe auffinden lassen dürften in der Entwicklung von auflösender Kohlensäure und Kali aus den letzten, das Vorhandenseyn einer großen Menge von anziehender Kieselerde in den Seeschwämmen, die Möglichkeit, daß die Kieselerde in flüssigem Zustande in den Gebirgs-Schichten ihre Stelle wechsele, während solches Vermögen wenigstens den gröberen Bestandtheilen der Mergel-Gebilde nicht zusteht, dürften wohl genügen, die anderen Abweichungen in dem Verhalten der Konkrezionen zu erklären. Dieß scheint auch Turner's Ansicht zu seyn [2].

k. Dessen ungeachtet ist die Bildungs-Weise der Morpholithe im Ganzen noch keineswegs ganz klar. Man kann zuerst als gewiß annehmen, daß die Entstehung derselben erst begonnen hat, nachdem die Gebirgsarten, welche sie einschließen, schon schichtweise niedergeschlagen, wenn gleich vielleicht noch in einem weicheren Zustande befindlich waren. Denn bis

---

[1] Jahrb. *1837*, 371; *1839*, 241. — [2] Jahrb. *1835*, 696.

Fuß-dicke Kugeln dieser Art hätten sich früher in den verdünnten wässrigen Auflösungen neptunischer Art nicht eben so suspendirt erhalten können, wie in dem mit ihnen fast gleich schweren zähen Breie einer feuergeschmolzenen und erstarrenden Stein-Masse; — sie hätten, durch mehre Schichten desselben hindurchgreifend, nicht die Fortsetzungen der Schicht-Flächen in deutlichen Spuren durch ihre ganze Erstreckung in sich aufnehmen können, wie manche Halbopale; sie hätten vorher nicht vermocht als Kiesel-Ringchen die Konchylien-Schaalen in der Weise zu zerstören, wie wir es später beschreiben werden. Hat aber dieser Prozeß später stattgefunden, so ist kein Grund vorhanden zu glauben, daß er nicht noch stattfinden könne, wie auch Ehrenberg annimmt. Dennoch haben wir keinen klaren Begriff davon, wie sich die genannten Gebilde allmählich in den Gebirgs-Schichten ausscheiden, die sich jedoch für die darin sich zusammenziehende Kiesel-Masse wenigstens wie ein lockerer Schwamm zu verhalten scheinen. Ob man aber mit vollem Rechte die morpholitische Kraft selbst in den von Ehrenberg mit dem Namen Morpholithen bezeichneten Körpern eine nur ordnende [nicht auch durch dieses Ordnen chemisch wirkende] nennen dürfe, bezweifeln wir.

l. Die **Erbsensteine** und **Oolithe** haben häufig noch einen unterscheidbaren fremdartigen Kern in ihrer Mitte, um welchen sich die übrige Masse dann schichtweise angelegt hat. Eine solche Bildung beobachtet man noch in manchen sprudelnden Quellen, welche feine Sand-Körnchen beständig aufwirbeln und Kalkmasse absetzen. Diese Bildungs-Art könnte nur vor dem Niederschlag der Gesteins-Schichte stattgefunden haben. — Allein nicht in allen Oolithen findet man jenen Kern, und da man auch in rings-geschlossenen Kammern in Oolith-Gesteinen enthaltener Versteinungen den oolithischen Aggregat-Zustand der ausfüllenden Masse wiedergefunden haben will, so würde dieß auf eine andere Bildungs-Weise hindeuten, und es wären dann die Oolithe vielleicht größere Analogen der mikroskopischen Kugeln, welche Ehrenberg in Kalk-Niederschlägen wahrgenommen hat?

Zweites Kapitel: Der flüssige Erd-Kern,

als geologische Kraft zur Fortbildung der Erd-Oberfläche.

I. Uebersicht.

§. 89. Hier müssen wir damit beginnen, uns zu erinnern, welche astronomische und plutonische Kräfte wir bereits sich entwickeln gesehen haben, in welchem plutonischen Zustande wir die Erde verlassen haben und welche plutonische und neptunische Gesteine bereits entstanden sind, welche Zustände und welche Gesteine mithin Gegenstände der Fortbildung jener Kräfte sind.

Wir haben die Erde bis jetzt sich gestalten sehen zu einem Rotations-Sphäroid (§. 14), welches sich zusammenzog und von

außen nach innen erstarrte und hiedurch einen Grad der Abplattung an den Polen zu fixiren strebte, welcher für die noch mehr zusammengezogene Form zu groß ist (§. 15); diese starre Rinde, aus massigen urplutonischen Gesteinen (S. 94) zusammengesetzt, verdickt sich durch fortschreitende Abkühlung innen und verwandelt sich gleichzeitig außen in neptunische Schicht-Gesteine (§. 65—82). Das Fortschreiten jener Verdickung nach innen ist ein sehr ruhiger und unserer Beobachtung entrückter Prozeß, welcher auf der Oberfläche kaum noch eine bemerkbare neue Veränderung hervorbringen zu können scheint. Dennoch ist er unter Mitwirkung anderer Kräfte keineswegs ohne Einfluß, sondern wird vielmehr zum Hebel der vielen plutonischen Veränderungen, welche die Erde noch betroffen haben und betreffen können, wie die Atmosphäre der der neptunischen geworden ist. Auf ihm beruhen die Kontinental- und Gebirgs-Hebungen, die plutonischen und vulkanischen Ausbrüche, mechanische Erschütterungen (Erdbeben) und Zertrümmerungen der vorhandenen Erd-Rinde, Ergänzung der entstandenen Lücken durch neues Gestein, chemische Einwirkungen tropfbar und elastisch-flüssiger Emportreibungen auf ältere plutonische und neptunische Gebirgsarten und eine Menge anderer Erscheinungen dritter, vierter, fünfter Ordnung.

§. 90. **Mechanische Gegenwirkung von Kern und Hülle.** Mag während der Abkühlung die starre Rinde sich langsamer oder schneller zusammenziehen, als der flüssige Kern, immer wird das zwischen beiden bisher bestandene Gleichgewicht aufgehoben werden und der Kern entweder die, ohnehin gegen das Gleichgewicht ihrer Theile gespannte, Rinde zu zersprengen, oder diese in den zwischen beiden entstandenen Zwischenraum nachzusinken streben; und es wird kaum einer lokalen Ursache bedürfen, um dieses Streben zu verwirklichen. Dasselbe Verhältniß, wie zwischen Kern und Rinde, tritt aber auch zwischen verschieden zusammengezogenen Schichten der Rinde selbst ein. Dabei müssen **weite Höhlen** in und unter der sich **zerklüftenden** Erd-Rinde entstehen. So gestaltet sich eine, in abnehmender Stärke fortdauernde Kraft, welche von innen auf die Oberfläche wirkt, aber indem sie fortdauernd und wiederholt auf dieselben Stellen wirkt, ihre Wirkungen extensiv und intensiv vergrößert.

b. Wir haben schon im vorigen §. erinnert, daß die starre und noch nicht zusammengezogene Rinde eine Abplattung erhalten hatte, welche für

die zusammengezogene zu groß war, wodurch das Gleichgewicht der Theile unter sich aufgehoben und ein Sprengen der Rinde nothwendig wurde, um eine geeignetere Form anzunehmen.

c. Wir haben gesehen, daß die Oberfläche der Erde sich längst gar nicht mehr abkühle und zusammenziehe. Aber gewiß thun es die wärmeren starren Schichten unter der Oberfläche und der flüssige Kern noch, da ihre Temperatur noch nicht mit der des Weltraumes im Gleichgewicht ist. Hätten sie sich daher auch bei der nahezu vollendeten Abkühlung der äußeren Rinde unter sich und mit dieser noch in vollkommener Kontinuität befunden, so hätten sie, selbst noch in Zusammenziehung begriffen, sich allmählich davon ablösen und Zwischenräume hervorrufen müssen und zwar, so lange keine andere Ursache lokal einwirkte, mit den starren Schichten abwechselnde konzentrische Hohlkugel-förmige, oder durch Unterbrechung Linsen-förmige Zwischenräume. Man kann daher große Höhlen in und unter der Erd-Rinde und einen Mangel an Stütz-Punkten derselben auf große Strecken hin, mithin ein Streben zum Einsinken als gewiß annehmen. So lange keine örtlich wirkende Ursache eine Ungleichheit in der Spannung jener konzentrischen Rinden oder Hohlkugeln bewirkt, würde sich jede derselben, als Gewölbe gedacht, selbst getragen haben. Das erste örtliche Einsinken einer solchen Hohlkugel hob das Gleichgewicht aller und überall auf. Vgl. weiter §. 95 L.

d. Zieht sich die äußerste Erd-Rinde aber jetzt nicht mehr mit deren inneren Schichten und dem flüssigen Kerne zusammen, so **war** ihre Zusammenziehung eine schnellere gewesen, als die der andern. Es hat daher in der frühesten Zeit, umgekehrt zur jetzigen, die ganze Rinde auf den flüssigen Kern drücken und ihn herauspressen, dieser sie sprengen und überquellen müssen. Daher nimmt Elie de Beaumont diese Kontraktions-Kraft der verkühlenden Rinde, bekanntlich eine der mächtigsten Kräfte, welche selbst die Kohäsion der Körper, in denen sie thätig ist, überwindet, als Hebel der plutonischen Bewegungen in Anspruch.

e. Weniger kennt man jedoch das Verhältniß des Fortschreitens der Abkühlung zum Fortschreiten der Zusammenziehnng flüssiger Metalle und Erden, während sie überschüssige Menge von Verflüssigungs-Wärme verlieren, verglichen mit demselben Verhältniß bei schon erstarrten Metallen und Erden; obschon man über letztes, für sich allein genommen, einige Messungen besitzt. — Doch weiß man auch, daß aus diesem Grunde fast alle Guß-Waaren leere Räume im Innern behalten, die nicht von eingeschlossener Luft abhängen dürften. Selbst eine kleine Flintenkugel hat noch eine Höhle gegen ihre Mitte hin, die bei einer Zählung im Zeughause zu Metz in keiner von 18.000 Kugeln fehlte [1]). Man hat deßhalb auch noch einige speziellere (§. 48 erwähnte) Versuche veranstaltet, welche aber noch immer wenig Resultat geben. Man hat gefunden, daß eine Rinde, die sich in einer thönernen Form um eine 21″ dicke noch flüssige

[1]) Leblanc im *Bullet. géol. 1841*, XII, 140.

Basalt-Kugel durch Erstarren bildete, sich nicht mehr so viel zusammenziehen konnte, als ihr noch flüssiger Inhalt, daher unter der Rinde konzentrische Absonderungen, beträchtliche Höhlen und leere Räume entstunden [1]. Nämlich so lange die ganze Masse noch flüssig war, zog sie sich gleichmäßig zusammen. Die Ungleichmäßigkeit trat mit Bildung der Rinde ein. Die äußerste Rinde begann sich zu bilden, während das flüssige Innere noch ungefähr 500° C. Verflüssigungs-Hitze besaß, um welche es sich also noch ebenfalls abkühlen mußte, um zu erstarren (ungerechnet also diejenige Abkühlung, welcher beide inzwischen gemeinsam unterlagen). Während dessen entstunden nun im Innern so viele und große hohle Räume, daß nach deren Abzug die Kugel einen um 0,01 geringeren Durchmesser gehabt haben würde, als jene Rinde wirklich besaß [2]. — Wäre aber die Schmelzung an freier Luft, statt in einer Form mit enger Öffnung bewirkt worden, so würde sich noch ein großer Theil der jene Räume (wenigstens theilweise) erfüllenden Luft unter Blasenwerfen entwickelt haben, und die Räume wären kleiner ausgefallen. — Bei der erstarrenden Erd-Kugel dagegen war die innere Hitze weit größer, mithin die Verflüchtigung und die Austreibung der Luft vollständiger und dagegen der äußere Gegendruck mächtiger, die Hitze mit der Zeit ab-, der Druck zu-nehmend, das Material des Kerns war wahrscheinlich abweichend; sie war nicht in eine Thon-Form eingeschlossen, wogegen allerdings die Rinde selbst mit der Zeit die Rolle dieser Thon-Form übernommen hat. Das Leitungs-Vermögen der dickeren Erd-Rinde war ein ganz anderes, als an jener kleinen Kugel, wo es fast gar nicht in Anschlag kommt. Wir können daher auch aus jenen Versuchen nur folgern, daß in und unter der plutonischen Rinde der Erde große Räume geblieben seyen, zwar erfüllt mit Gasen und Dämpfen, welche sie aber nach erfolgter Abkühlung und aufhörender Spannung nur noch unvollkommen auszufüllen vermogten; ohne daß wir jedoch Maaße dafür angeben können.

f. Was die **weiten Höhlen** zwischen den konzentrischen Schichten der Erd-Rinde und zwischen dieser und dem flüssigen Kerne betrifft, so wird man zwar einwenden können, die bisher durch die Schwere komprimirte flüssige Masse des Innern werde sie durch Expansion nach beseitigtem Druck sogleich auszufüllen streben, soferne ihr durch entbundene Gase nicht ein Hinderniß entgegentritt. Dieß ist aber nicht der Fall hinsichtlich der zwischen den Lagen der Rinde entstandenen Höhlen, da starres festes Gestein durch Druck nicht mehr komprimirt und expandirt werden kann. Das wirkliche Vorhandenseyn solcher großen leeren Höhlen unter verschiedenen Gegenden der Erd-Oberfläche geht aus vielen Pendel-Messungen und aus der Abweichung des Pendels von der Loth-Linie hervor, welche man örtlichen Unregelmäßigkeiten der Oberfläche nicht zuschreiben kann. Gauß hatte sie

[1] Bischof's Wärmelehre, 448.
[2] Althans Umgestaltung der Geologie, *1839*, 42.

von einer ungleichen Dichte der Erd-Rinde abgeleitet, was, im Großen gedacht, dasselbe ist [1]).

g. Was hinsichtlich der ungleich voranschreitenden Abkühlung äußerer und innerer verschiedener Schichten der starren Rinde gesagt ist, gilt auch für jede einzelne Schichte insbesondere: ihr auswendiger Theil wird sich nämlich rascher als der inwendige abkühlen und zusammenziehen, daher erster den letzten spannen, und so trägt jede der konzentrischen Schichten schon die Ursache ihrer baldigen Zertrümmerung oder Zerklüftung in sich selbst.

h. Es bedarf übrigens keiner Erinnerung, daß, da die Bildung dieser Klüfte und jener Höhlen immer gleichzeitig stattfand, eben hiedurch der Gedanke an eine große Regelmäßigkeit der letzten beseitigt wird.

Bedürfte es aber zur Unterstützung der in diesem §. aufgestellten Theorie, daß die konzentrischen Hohlkugeln in ihrem eigenen und gegenseitigen Gleichgewichte gestört worden, noch der besondern Nachweisung störender Kräfte, welche nämlich ihre örtliche Wirkung mit der allgemeinen verbinden und hiedurch die ersten Durchbrüche bestimmen konnten, so kann man anführen: A. so lange die Erd-Rinde noch sehr heiß und dünne war, 1) die Einflüsse der täglich wechselnden Stellung des Mondes und der Sonne gegen die verschiedenen Seiten der Erde und die der jährlichen Sonnennähe, wodurch jedesmal ein eben solcher Andrang des flüssigen Kernes und der darum gelagerten Hohlkugeln gegen die entsprechende Seite der Erde bewirkt wird, wie es äußerlich das Meer zur Fluth-Zeit zeigt, und zwar stärker zur Zeit der Sonnennähe, als zu anderer; — und 2) die Abplattung der Erde an den Polen, mithin deren größere Nähe bei dem Mittelpunkt, welche hier den Abkühlungs-Prozeß und somit die Verdickung der Erd-Rinde mehr zurückhielt; — dann aber B. für die Zeit, wo in Folge der Abkühlung der Erde der Einfluß der Bestrahlung der Sonne sichtbar werden konnte und die verschiedenen Klimate sich zu äußern begannen, [außer A 1) auch noch 2)] das ungleiche Voranschreiten der Abkühlung von außen nach innen nach den verschiedenen geographischen Breiten, so daß die Dicke der Rinde an den Polen schneller als unter dem Äquator zunahm und diese mithin jetzt dort mehr Festigkeit gewann, als hier. (Kann man von den Ursachen A 2 und B 2 die Beschränkung des Nord-Pols auf urplutonische Gebirge, wie die Abflachung und den Mangel höherer Gebirge und insbesondere jüngerer Eruptiv-Gesteine an beiden Polen herleiten? Johnston glaubt aus der Ursache B 2 die jetzige Hebung Skandinaviens herleiten zu können [2]). Aber er übersieht A 2 und die Senkung Grönlands und eines Theils von Skandinavien selbst).

i. War aber durch einen einzigen ersten oder durch mehre zerstreute Durchbrüche, durch eine Hebung oder eine Senkung, einmal das Gleichgewicht gestört, die Lage der Drehungs-Achse in Beziehung auf den Schwerpunkt verrückt, und die Erde wegen ihrer starren Oberfläche dann

[1]) Muncke's Physik, II, 82. — [2]) Jahrb. *1834*, 449.

gehindert eine das Gleichgewicht wieder auf allen Punkten vermittelnde Form anzunehmen, so blieb hiedurch doch ein beständiges Streben darnach, ein steter Keim zur Entwickelung neuer Durchbrüche gegeben, und jeder neue Durchbruch bedingte neue Störungen des Gleichgewichtes für andere Punkte. Eine merkliche Einsenkung auf einer Seite der Erde trieb ihren Schwerpunkt und die Achse zurück, eine merkliche Erhebung zog ihn aus seiner bisherigen Stelle herüber, wenn nicht eine diametral entgegenstehende Hebung jener das Gleichgewicht hielt; geschah dieß aber zugleich in entgegengesetzter Breite vom Äquator aus, so muß dieß gar ein Schwanken in der Rotation oder eine Verrückung der Achse veranlaßt haben. Nach Laplace's Berechnung ist aber die Emporhebung eines ausgedehnten Gebirges auf einer Seite der Erde schon zu einer merkbaren Störung des Gleichgewichts hinreichend [1]). Vielleicht ist daher die Erhebung des zweiten großen Kontinentes auf der entgegengesetzten Seite der Erd-Oberfläche als eine nothwendige Folge der Erhebung des ersten zu betrachten?

§. 91. Unter den mit der fortschreitenden Abkühlung, Zusammenziehung und Zerklüftung unmittelbar verbundenen und auch ihrerseits noch als erste Kräfte wirkenden Erscheinungen sind insbesondere anzuführen: 1) die durch die Abkühlung mechanisch bewirkte Einsaugung von Gasen, Dämpfen und Wasser in die Gestein-Zellen und deren **große Höhlen**, und somit das allmähliche **Verschwinden eines Theiles des Meerwassers** zur Ausfüllung mancher dieser Höhlen und die **Abtrocknung einzelner Theile der Oberfläche**, 2) die Entwickelung im Gesteine chemisch gebunden gewesener Gase und Dämpfe; 3) endlich die Verwandlung zu tief in die Spalten hinabgetriebener Wasser-Massen in Dampf und Gas von starker Spannung, welche endlich nach oben mächtig zurückwirkte.

b. Plutonische Gesteine aus der Feuer-Gluth hervorgegangen ziehen nach dem Erkalten theils wegen ihrer Trockne überhaupt, theils in so fern sie Zellen und Höhlen mit noch sehr verdünnter, oder auch gewöhnlicher Luft enthalten, Luft, Wasser-Dämpfe und Wasser ein: Luft, um jene Verdünnung auszugleichen, Wasser-Dämpfe und Schwitzwasser, weil alle (nicht ganz dichte) Gesteine solche durch Kapillarität annehmen (§. 68 l). Bischof sah ein frisch geschmolzenes Stück glasigen Basaltes im Wasser binnen 48 Stunden seine Eigenschwere von 2,46 auf 2,52 erhöhen. Endlich Wasser in größerer Masse nehmen die Gesteine im Verhältnisse ihrer Abkühlung auch in offenen Spalten und insbesondere in den bei §. 90 f erwähnten großen Zellen und Höhlen auf, so daß durch dieses Alles vielleicht eine nicht unansehnliche Quote des Wassers der früheren Meere allmählich von der Oberfläche verschwinden und ein Theil derselben abtrocknen konnte. Diese lokale

[1]) Littrow, Artikel „Tag" in Gehler's physik. Wörterb. IX, 52.

Anfüllung größrer Höhlen mit Wasser würde aber die darin befindliche Luft austreiben und gleichfalls dazu beitragen, das bisherige Gleichgewicht in der Erd-Rinde wieder zu vermindern (§. 90).

c. Was die Entwickelung von während des Flüssigseyns absorbirtem und gebundenem Gase betrifft, so wurden zwei Beispiele mit ihren Folgen schon S. 87 b angeführt. Bischof insbesondere sah in den mehr erwähnten 21″ dicken Basalt-Kugeln einzelne Höhlen von etwa 12 Kubikzoll Raum. Man könnte glauben, daß die darin enthaltenen Dämpfe und Gase nur zufällig zurückgehalten waren; aber viele andere Versuche lehrten ihn, daß solches beim Schmelzen des Basaltes immer geschehe. Er leitet sie ab von zersetztem kohlensaurem Kalk und Krystall-Wasser. Zuweilen fand er dabei noch ein brennbares Gas, vielleicht Wasserstoffgas aus in der Glühhitze zerlegtem Wasser. Eben so lassen im Großen die Laven beim Erkalten Wasser-Dämpfe aufsteigen und entwickeln Moffetten [1]). Diese aus den Fumarolen erkaltender Lava-Ströme aufsteigenden Dämpfe scheinen auch Dufrenoy'n gebunden gewesen zu seyn, da sie nicht sogleich anfangs durch den Druck der flüssigen Masse ausgetrieben wurden, und da die Lava an den Fumarolen sogleich erstarret, wie deren Entwickelung aufhört [2]). So fern diese Gase wirklich gebunden und dabei auf ein kleineres Volumen reduzirt gewesen sind, machen sie sich nach dem Erstarren der Erd-Rinde durch Annahme ihres alten Volumens gewaltsam Bahn und streben sie zu zersprengen und aufwärts zu drücken, wie das oben angegeben worden. Bei der sehr langsam fortschreitenden Abkühlung der Erde dürften aber diese Gase großentheils im Verhältnisse ihrer Entbindung mehr Zeit gewonnen haben, durch Lücken, Klüfte und Poren des Gesteins ruhig zu entweichen.

d. Die Beobachtungen unter b und c scheinen theilweise miteinander in Widerspruch zu stehen, was sich aus verschiedenen Materialien, Tiefen, Abkühlungs-Stufen u. dgl. erklärt. Die mechanische Einsaugung der Gesteine muß jedoch viel geringer seyn, als die chemische seyn kann, die Ausfüllung großer Höhlen ausgenommen.

e. Findet ein Theil des eindringenden Wassers in Klüften seinen Weg bis in die glühenden Tiefen des Gesteines, getrieben durch eine nachdrückende Wasser-Säule, welche der Expansiv-Kraft dieser Gluth das Gleichgewicht halten kann, so entsteht ein gewaltiges Streben dieses Wassers, sich in Dampf zu verwandeln, vielleicht selbst in Gas sich zu zersetzen und wieder aufwärts zu entweichen, wozu es nur einer höher gesteigerten Spannung bedarf.

f. Davy und nach ihm Daubeny, Greenough, Hausmann u. A. lassen (ohne Abkühlungs-Theorie) durch immer weiter werdende Spalten Luft und Wasser immer tiefer in die Erde eindringen, um die dort, nach ihrer Annahme, vorhandenen Alkali-Metalle zu oxydiren, Hitze zu erzeugen und aus zersetztem Wasser Wasserstoffgas zu entbinden, um die

---

1) Bischof's Erdwärme, 316 ff., 443. — 2) Jahrb. *1837*, 330.

Vulkane zu beleben. Aber theils weist die geringe Eigenschwere der Alkalien ihnen ihren Platz nicht in der Tiefe der Erde an und fördern die Vulkane keine reichlichen Spuren derselben zu Tage; theils ist bei der Abkühlungs-Theorie ihre Annahme um der Vulkane willen unnöthig.

§. 92. Die in den vorigen zwei §§. bezeichneten Kräfte und Erscheinungen sind aus dem Prinzipe unserer Theorie abgeleitet, durch Versuche im Kleinen unterstützt, durch Beobachtungen in der Natur bestätigt. Die weiter auf sie zu gründenden theoretischen Folgerungen entbehren zum Theil der nämlichen Gewißheit, weil sie an eine immer größere Anzahl von Bedingungen geknüpft sind; doch werden wir die meisten ebenfalls bestätigt finden. Jene Kräfte und Erscheinungen können weder alle an Intensität und Ausbreitung beharrlich, wie Lyell —, noch in gleichmäßiger Abnahme begriffen seyn, wie seine Vorgänger wollten, sondern jede dieser Kräfte entwickelte eine andere Art von Progression der Wirkungen.

A. Die ganze Erd-Masse wird fortwährend **kühler**, damit der Abkühlungs-Prozeß langsamer und an der Oberfläche frühzeitig ganz beendigt, sobald diese die Temperatur des Welt-Raumes, unter dem Einflusse der sie bestrahlenden Sonne gedacht, erlangt hat, obschon er im Innern der Erd-Rinde wie im flüssigen Kerne noch lange fortwährt (§. 44—46). Ist er aber so weit vorangeschritten, daß die Bestrahlung der Sonne fühlbar werden kann, so hemmt er sich in niedern Breiten schon frühzeitig, während er an den Polen fast bis zu Erreichung der Temperatur des Welt-Raumes fortgeht.

B. Die **Zusammenziehung** der äußeren Oberfläche wird mit der Abkühlung immer langsamer, hört mit ihr auf, während sie im Innern mit dieser in abnehmender Progression noch fortdauert. Sie ist an den Polen eher beendet, als am Äquator.

C. Die starre **Erd-Rinde** wird immer dicker und daher fester; an die Stelle des anfänglichen Aufhebens der Rinde und **Ueberquellens des Kerns** über die gehobene Rinde tritt immer mehr ein **Einsinken der Rinde** gegen den schwindenden Kern, was aber ohne ein Ansteigen anderer Theile und ein Ausbrechen der inneren Masse ebenfalls nicht denkbar ist. Aber Hebungen und Senkungen müssen mit zunehmender Dicke der Rinde immer weniger örtlich beschränkt, sondern auf immer **größere Flächen** ausgedehnt, umgekehrt aber die damit verbundenen

Aufquellungen immer mehr auf **einzelne Linien und Spalten** an den geneigten oder gebrochenen Rändern der Hebungen verwiesen worden.

D. Der mit der Dicke der Rinde zunehmende Widerstand, so wie die langsamere Abkühlung des Kerns und die fortdauernde Vermehrung der Höhlen im Innern der Rinde macht die wirklichen Bewegungen und Durchbrechungen der Rinde immer **seltener** und auch der zunehmenden Entfernung wegen den Andrang tropfbarer wie gasförmiger Flüssigkeiten und die hiedurch bewirkten Erschütterungen von unten **gebrochener**, aber, je tiefer herauf sie kommen, über einen desto größeren Theil der Oberfläche **ausgedehnt.** Gasförmige Flüssigkeiten werden aber ihrer größeren und längeren Spannung wegen auch fähiger seyn sich einen einmal gefundenen Ausweg immer offen zu erhalten.

E. Je tiefer die **Gestein-Ausbrüche** von unten heraufkommen, desto schwerer und überhaupt desto abweichender von der Natur der ersten und obersten plutonischen Gesteine müssen sie seyn, wenn nämlich die Differenz der Tiefen anders beträchtlich genug ist, um Diesem entgegenstehende Einflüsse zu beseitigen; — desto länger bleiben sie unterwegs in abkühlender Berührung mit den durchbrochenen Gesteinen, desto leichter erstarren sie schon auf dem Wege, ohne selbst die Oberfläche zu erreichen, nachdem sie nur die ihnen entgegenliegenden Fels-Massen zertrümmert, verschoben und gehoben haben, oder desto mehr bringen sie doch nur die leichtflüssigsten und verdampfbarsten Bestandtheile herauf.

F. Je tiefer und zugleich, chronologisch, je später die Gesteine heraufkommen, einer desto größeren **Manchfaltigkeit** von Modifikationen unterliegen sie selbst auf dem Wege und an der Oberfläche, indem sie mit mehrerlei älteren plutonischen und neptunischen Gesteinen in Berührung kommen und, chemisch oder mechanisch, Theile derselben mit sich verbinden und sich ihnen so wieder assimiliren oder Theile an sie abgeben, — und indem sie an der Oberfläche selbst bald tief unter dem Meere und bald an der Luft, bald von Höhen herabfließend auseinandergezogen und gelockert und bald in Vertiefungen zusammengehalten und gepreßt, endlich bald in heißen und bald in kalten Klimaten erstarren.

G. Je später die Zeit, desto zahlreicher sind allmählich die Hebungen und Senkungen zum Theile sehr weit ausgedehnter

Strecken der Erd-Oberfläche geworden, desto größer, zahlreicher und manchfaltiger mithin die lokalen Abweichungen der Erde von der genauen Form eines **Rotations-Sphäroides**; man mag solche in der Richtung der Meridiane oder der Parallel-Kreise bemessen. — Daß diese Abweichungen an der starren Erd-Rinde bestehen, lehrt schon der erste Anblick; aber daß sie auch entsprechende Abweichungen des Meeres-Spiegels zur Folge haben, so daß dieser nicht einmal unter den nämlichen Parallelen einen regelmäßigen Kreis beschreibt, sondern von dessen Gestalt theils abgezogen wird durch die Anziehungs-Kraft angehäufter Kontinental-Massen, theils durch den Umschwung der Erde zurückgedrängt wird zur Herstellung des Gleichgewichts auf diametral entgegengesetzten Stellen, darauf ist man erst seit wenigen Jahren aufmerksam geworden. Messungen von Gebirgs-Höhen über dem Meeres-Spiegel führen daher nicht zu genauer Bestimmung gleicher Abstände vom Mittelpunkte u. s. w.

H. Je später in der Zeit, desto manchfaltiger war durch die plutonischen Hebungen und Senkungen das Ansehen der Oberfläche geworden. Erst war die Erd-Oberfläche ein vollkommenes Rotations-Sphäroid und überall von Wasser oder komprimirten Dämpfen bedeckt. Aber die plutonischen Bewegungen begannen. Einzelne Hebungen floßen in größre Massen zusammen, bildeten Kontinente; andere wiederholten sich an derselben Stelle und bildeten Hochgebirge. Umgekehrt mit den **Meeren**, welche durch die Hebungen manchfach unterbrochen und abgetheilt stellenweise an Tiefe zunahmen und so auf eine geringere Ausdehnung sich zu beschränken vermogten. Mit den **Hochgebirgen**, den **Gebirgs-Ebenen**, den **Kontinenten** entstanden die **Thäler, See'n, Gletscher, Quellen, Flüsse** und all die manchfaltigen Agentien, deren wir bei den neptunischen Kräften schon gedacht haben.

I. Mit der Abkühlung und der Ausbildung der Oberfläche entstund, statt der beständig heiß-feuchten Luft, die Differenzirung der **Zonen** und die Verschiedenheit der **Jahreszeiten**; mit den Kontinenten, Bergen, Meeren u. s. w. die der **Klimate**, so ferne sie eben abhängig sind von Bestrahlung und Reflektion der Erd-Oberfläche, von Verdunstung, von See-Strömungen, von nördlichen und südlichen, östlichen und westlichen, trocknen und feuchten, kalten und warmen Luft-Strömungen u. s. w.

K. Wir sind auf der einen Seite weit entfernt, allen diesen

theoretischen Folgerungen eine gleiche Sicherheit beilegen, alle noch sonst möglichen Folgerungen dieser Art sogleich mit erfassen und die Art ihrer gegenseitigen Kombinirung und deren Folgen berechnen zu können; — auf der andern praktischen Seite liegen die plutonischen Agentien und ihre wirklichen Leistungen nicht so offen und nicht alle so neu vor unsern Augen, wie die neptunischen. Dieß nöthigt uns, von nun an den Weg theoretischen Folgerns aus den plutonischen Kräften öfters zu verlassen und mehr ein Zusammenfassen des Verwandten in ihren beträchtlichen Wirkungen zu versuchen, ohne indessen immer unterscheiden zu können, von welcher der untergeordneten plutonischen Kräfte oder von welcher Kombination derselben die einzelne Erscheinung abzuleiten seye.

II. Entwickelung im Einzelnen.

A. Räumliche Verhältnisse.

§. 93. **Hebungen und Senkungen** (die Ursachen der jetzigen unregelmäßigen Form des Erd-Sphäroides und seiner Oberfläche überhaupt).

A. Zog sich in Folge der Abkühlung die äußere Erd-Rinde, in der anfänglich reinen Form eines Rotations-Sphäroides mit allgemeiner Wasser-Bedeckung rascher zusammen, als die innere oder der Kern (§. 91), strebte die Rinde der zusammengezogenen Erde eine an dem Äquator minder gehobene (an den Polen minder abgeplattete) Form anzunehmen (§. 15), so mußte die endliche Folge dieser Spannungen ein Bersten der Rinde in mancherlei Richtungen, ein Überquellen des gepreßten Flüssigen durch die entstandenen Risse der pressenden Rinde seyn, und zwar bei der zweiten Ursache insbesondere gegen die Pole als die Orte des größeren Druckes, zumal hier die größre Nähe der Oberfläche am Mittelpunkte ein langsameres Erstarren der Rinde nothwendig machte. Doch war es bei der Starrheit der Rinde nicht mehr möglich, die in angemessenem Grade minder abgeplattete Form ganz zu erreichen und das Gleichgewicht vollkommen herzustellen, wie denn auch jede Überquellung den Schwerpunkt aus dem anfänglichen Mittelpunkte hinausrücken und die Rotations-Achse verschieben mußte, ohne jedoch die Gesammtform der Erde dieser Änderung wieder vollkommen anpassen zu können. So ergaben sich eine Menge örtlicher Ungleichheiten in der Form der Oberfläche, wie in der Stärke der

Rinde, die ihrerseits wieder die Ursache von anderen späteren wurden in dem Maaße, als ein weiteres Zusammenziehen erfolgte.

B. Zog sich später, als die Abkühlung der Oberfläche vollendet, aber die des Innern noch im Fortschreiten war, dieses rascher zusammen, so entstunden Höhlen unter der Oberfläche, wo die Rinde der Unterstützung entbehrte, und in welche eben sowohl die flüssigen Massen (Gesteins-Fluß und Ozean) bei gelegentlicher Eröffnung eines Weges von unten und oben einzudringen, als die abgekühlte Rinde von oben einzusinken strebte und bei hinreichender Aufhebung des Gleichgewichts und wachsender Spannung endlich auch einsinken mußte; sey es, daß diese Höhlen sich bereits mit Wasser gefüllt hatten, oder nicht.

C. Bei den bereits eingetretenen Ungleichheiten erwähnter Art waren jedoch die Hebungen und Senkungen keineswegs scharf auf zweierlei Zeiten verwiesen, sondern jene, obgleich herrschend im Beginne, mengten sich häufig unter diese mehr der späteren Zeit gehörigen, ja sie bedingten sogar einander in derselben Zeit. Denn ein auf der einen Seite emporgehobenes Stück der starren Rinde mußte schon nothwendig (wie ein Stück an der Eisdecke eines Flusses) mit einem größeren oder kleineren Theile seines entgegengesetzten Endes untersinken, und ein, wenn auch nicht schwimmendes, mit einem Ende hinabgedrücktes Stück wird nicht nur damit selbst unter die Oberfläche der Flüssigkeit tauchen, sondern auch gewöhnlich mit dem andern sich höher emporheben, wenn es dort nicht ganz der Stütze entbehrt. Ein eintauchendes Stück wird, in Fortsetzung der begonnenen Bewegung, tiefer eintauchen, als sein Gleichgewicht erheischt, und so die Flüssigkeit emporsdrücken. Abgesehen endlich von denjenigen Modifikationen in der Bewegung, welche die mit der Dicke der Rinde wachsende Einkeilung solcher einzelnen Stücke bewirken mußte.

D. So entstunden auf der einen Seite durch die Überquellungen **Gebirgs-Ketten**, welche sich allmählich oft zu mehren miteinander verbanden, auch wohl Stücke der zerborstenen Erd-Rinde mit sich emportrugen und **Hochländer**, **Hochebenen, Plateau's** bildeten, während auf der anderen Seite die Einsinkungen, ebenfalls durch Verbindung mehrer und durch Wiederholungen gesteigert, tiefere wieder mit manchfaltigen Unebenheiten versehene **Becken** zur Aufnahme der **See'n** und des **Meeres** darstellten, welche demnach von den am höchsten gelegenen

Theilen der starren Oberfläche durch zwei Ursachen zurückgetrieben wurde; und das trockne Land, **Inseln** und **Kontinente**, bildeten sich allmählich mehr aus, zum Theil nur um, von späteren Einsenkungen ergriffen, später wieder unter dem Meere zu verschwinden, wie sich auch Stellen des eingesunkenen Meer-Grundes später wieder erheben konnten. Die lokalen Süßwasser-Bildungen abgerechnet, konnten sich neptunische Schichten nur über den jederzeit untergesenkten Theilen der Oberfläche erzeugen, und da diese wechselten, so bildete sich in jeder Gegend die neptunische **Schichten-Folge** anders, mehr oder weniger vollständig, aus. So entstand allmählich die jetzige vielfältig unregelmäßige Gestalt unseres Rotations-Sphäroides, an welchem sogar durch örtliche Anhäufung größerer Land-Massen oder unterirdischer Höhlen das flüssige Meer stärker oder schwächer nach einer Seite gezogen, selbst unter einerlei Parallele nicht mehr als Niveau gleicher Entfernung vom Mittelpunkte dienen kann.

E. So entstunden auf dem trockenen Lande allmählich auch all' die manchfaltigen Quellen und Flüsse mit ihren Zerstörungen und Bildungen, wie wir sie im vorhergehenden Abschnitte geschildert haben, und welche ihre Thätigkeit mit der der unterirdischen Kräfte verbindend die Höhen wieder zu erniedrigen, die Vertiefungen wieder auszufüllen, die **Ebenen** herzustellen und so die jetzige Form des Erd-Sphäroides zu vollenden strebten, welche aber auch das von ihnen umgearbeitete urplutonische Material in geschichteten Schichten den plutonischen Ausbrüchen zur zweiten Umgestaltung darboten und überhaupt auf diese letzten in manchfaltigem Einfluß zurückwirkten. So entstunden durch die Unterbrechungen des einst universellen Meeres in seiner Erstreckung und seiner Tiefe und zugleich durch die Ausbildung der klimatischen Zonen alle die manchfaltigen Abweichungen der **See-Strömungen** von der normalen O.W.-Richtung. So traten auch auf dem jederzeit gehobenen, wie dem untergesunkenen Theile der Oberfläche durch Strömungen mehr oder minder beträchtliche Zerstörungen der bereits abgesetzten Schichten, mithin örtlich verschiedene **Unterbrechungen der normalen Schichtenfolge** ein.

F. Aber die oberflächliche Absetzung neuer, plutonischer oder neptunischer Schichten mußte immer, oder wenigstens oft, auch eine unmittelbare Rückwirkung auf die Abkühlung und Zusammenziehung

der älteren äußern, die Zusammenziehung beschleunigen, aufhalten oder selbst eine Wiederausdehnung an ihrer Stelle bewirken.

Babbage weiset nach, wie neu abgesetzte Gestein-Massen, welche nun die ausstrahlende Wärme der Erde weniger schnell leiteten, als die frühere Wasser-Bedeckung, woraus sie entstanden, eine Ansammlung von Wärme im Boden, ein Wiederausdehnen und Heben desselben, ja dessen Austauchen aus dem Meere entweder lokal oder auf weite Strecken hin vorbereiten, doch immer erst viel später veranlassen kann, als jene Schichte abgesetzt worden. Diese Wärme-Ansammlung aber in noch nicht völlig ausgetrockneten thonigen Schichten muß umgekehrt eine Entwässerung und Zusammenziehung veranlassen [1]). Ein Wechsel dieser Verhältnisse kann auch See- und Sumpf-Gegenden wiederholt in einander umwandeln.

J. Herschel zeigt, daß, wenn durch Abwaschungen Hochgegenden erniedrigt und Niederungen ausgefüllt werden, so wird nicht nur der Druck an beiderlei Stellen geändert und vielleicht an der Stelle des zunehmenden Druckes an der inneren Fläche der Erd-Rinde eine schon starre Masse losgerissen, in die heiße Flüssigkeit hinabgestürzt und diese zum Ansteigen gebracht (oder ihr durch jenen wenigstens Spalten geöffnet), sondern es wird auch dort die Abkühlung rascher eindringen, hier die Zentral-Wärme wegen erschwerter Ausstrahlung sich der Oberfläche nähern und vielleicht erstarrte Schichten wieder ausdehnen, schmelzen und emportreiben, Wasser in Dämpfe verwandeln und so plutonische Hebungen und Ergießungen bewirken können. Da sich nun jene Niederschläge hauptsächlich längs der Küsten bilden, so wird die Hitze diese am meisten erheben, der größte Druck aber sich in der Mitte der Meere konzentriren. Es wird von der Tiefe der Niederschläge, von der Menge des dazwischen zurückgehaltenen Wassers und dem Zusammenhalt der Schichten abhängen, ob nun die ganze Masse als Kontinent gehoben wird, ob Reihen-Vulkane oder ein Einzeln-Vulkan entstehe; es werden, selbst wenn dieses nicht geschieht, neptunische Schichten plutonisirt, Schichtungs-Flächen verwischt, Zerklüftungen, Verschiebungen, Ausbrüche veranlaßt, organische Reste zerstört und neue Mineral-Bildungen hervorgerufen worden [2]). Diese Kräfte, glaubt Herschel, wären mächtig genug, die Hebungs-Erscheinungen im Meerbusen von Neapel, die in Skandinavien, Grönland und in den Anden hervorzurufen, selbst wenn die Erde keine Zentral-Wärme besäße, sondern ihre Temperatur, nach Poisson's Ansicht (S. 72), nur bis zu einer gewissen Tiefe der Rinde fortwüchse, bis zu einer Tiefe nämlich, wo sie den Schmelz-Punkt der Erden erreichte [3]).

Hebungen und Senkungen dieser Art wird man, wenn sie einmal stattgefunden, von den durch den ersten Abkühlungs-Prozeß bewirkten (A, B) nicht leicht unterscheiden können, daher wir im Folgenden auf die Verschiedenheit der Ursachen nicht mehr Rücksicht nehmen.

G. Eine Erhöhung einer Stelle der Erdrinde ist daher möglich

[1]) Jahrb. *1835*, 541. — [2]) Jahrb. *1838*, 98. — [3]) Jahrb. *1839*, 348.

durch ein Emporheben derselben von unten, durch ein Überquellen von unten, durch Überlagern von oben und durch ein Aufschwellen in Folge der hiedurch angehäuften Wärme; — eine Erniedrigung durch Einsinken der Rinde in eine Höhle oder einen Spalt, auch wenn diese mit flüssigem Gestein gefüllt sind, durch Zusammenziehung bei der Abkühlung und Zusammenziehung beim Austrocknen.

§. 94. **Flächen-Hebungen und -Senkungen.**

A. War durch die Abkühlung und Spannung der Erd-Rinde dieselbe einmal in mehren Richtungen geborsten (§. 93 A) und in unregelmäßige Tafeln abgetheilt, so strebten diese gegen den flüssigen Kern hinabzusinken und letzter durch den Impuls der einsinkenden Rinde in die Spalten heraufzudringen, was aber nur geschehen konnte in Begleitung sich entwickelnder **Dämpfe und Gase**, die sich entweder durch Zersetzung und Verflüchtigung einzelner Bestandtheile in demselben bei nachlassendem Drucke oder durch Aushauchung darin absorbirt gewesener Flüssigkeiten (§. 91 c) entbanden, oder von der aufsteigenden Masse erst unterwegs in Höhlen, Spalten und Poren des durchbrochenen Gesteines aufgefunden, erhitzt und ausgedehnt und so vor ihr her getrieben wurden, und welche alle ihrer Expansiv-Kraft wegen nicht ohne Einfluß auf die folgenden Bewegungen bleiben konnten, indem sie nicht nur deren Kraft steigerten, sondern auch ihrer spezifischen Leichtigkeit wegen sich mehr nach den höheren, wie die tropfbar-flüssigen Massen nach den tiefsten Ausfluß-Öffnungen drängten. Ja diese Erscheinung muß schon über jedem Spalte eintreten, wenn auch keine Gesteins-Eruption erfolgt.

Diese theoretisch nothwendigen Folgerungen werden wenigstens bei allen Vulkan-Ausbrüchen bestätigt.

B. Eine zweite nothwendige Erscheinung ist die mit der Wiedererhitzung verbundene **Wiederausdehnung** (und selbst theilweise Schmelzung) des schon starren Gesteines in der Nähe des gebildeten oder durchbrochenen Spaltes, wie selbst in größerer Entfernung davon, wodurch nicht nur ein Verengen und Sperren desselben bewirkt, sondern auch beträchtliche Anschwellungen der Oberfläche über ihr bisheriges Niveau, eine Erhebung derselben über den nahen See-Spiegel, Biegungen der erweichten Schichten ohne Zertrümmerung u. dgl. bewirkt werden können. Anschwellungen dieser Art mit den darauf folgenden Zusammenziehungen kann man

nicht immer von wirklichen Hebungen und Senkungen oberflächlich unterscheiden. Wären aber thonige noch nicht völlig ausgetrocknete und erhärtete Niederschläge auf diese Weise mäßig erhitzt worden, so würde eine Zusammenziehung entstehen (§. 68 l), die an mächtigen Überlagerungen mehre Klafter betragen kann. In beiden Fällen könnte die Erscheinung mit der in §. 93 F bezeichneten übereinstimmen.

C. Erfolgt eine Senkung der Oberfläche, so versteht sich von selbst, daß hiebei die Rinde von den Rändern der sinkenden Fläche aus gegen deren Mittellinie oder Mittelpunkt abschüssig werde und mithin durch Spalten nicht nur in ihrem Umfange, sondern auch längs der Mittellinie oder konvergirend gegen jenen Mittelpunkt getheilt und wohl auch noch weiter zertrümmert werde. Erfolgt eine Hebung, so muß dasselbe geschehen, jedoch so, daß die Bruchstücke gegen die Mittellinie oder den Mittelpunkt ansteigen. Da jedoch ein Grund zu einer Punkt-artigen Hebung vorerst nicht wohl denkbar und eine solche Hebung oder Senkung überhaupt nur bei einer noch dünnen Rinde möglich wäre, wo die einzelnen Bruchstücke weniger in einander gekeilt sind, so können wir diesen Fall jetzt noch unbeachtet lassen.

D. Wir hätten uns daher, um bei dem einfachsten Falle zu bleiben, zwei gegen den Spalt des größten Andranges dachartig sich aufrichtende Flächen vorzustellen, um so größer, je dicker die sie einkeilende Rinde bereits geworden ist. Ihre dem Spalte entgegengesetzten Ränder werden, wenn sie eine genügende Unterstützung finden, in ihrem bisherigen Niveau bleiben, oder im gegentheiligen Falle, indem sich dabei jedes der 2 Ränder-Stücke um eine mittle Längen-Achse dreht, unter dasselbe einsinken und in der Regel die an ihnen anliegenden auch noch mit sich hinunterziehen und so neben den sattelförmigen Erhöhungen muldenförmige Vertiefungen bilden. Auf dieselbe Weise werden neben muldenförmigen Senkungen die Ränder in der Regel über ihr voriges Niveau ansteigen müssen, wie man sich Alles dieses leicht versinnlichen kann, wenn man den Auf- oder Einbruch der Eis-Rinde eines Flusses beobachtet. Die zwei gegen einander geneigten Flächen können dabei gleich oder ungleich breit, gleich oder ungleich gehoben und durch weniger oder mehr Querspalten getheilt seyn, wodurch neue Modifikationen und auf erste Weise insbesondere die mehr gewöhnliche

Erscheinung bewirkt wird, daß ein Gebirgs-Land auf der einen Seite allmählich, auf der andern plötzlich und steil ansteigt.

So erheben sich Amerika und Italien auf der Ost-Seite allmählich, um auf der West-Seite plötzlich gegen das Meer abzufallen.

E. Mit der Hebung und Senkung ganzer Flächen im Großen sind eine Menge kleiner örtlicher Erscheinungen in der Nähe der sie begrenzenden Spalten verbunden, die wir auf den folgenden §. verweisen. Indessen versteht sich von selbst, daß hier nicht oder nur selten von, die ganze Erd-Rinde offen durchdringenden Spalten die Rede seyn kann; sondern da dieselbe wenigstens in ihrer jetzigen Dicke aus verschiedenen übereinander lagernden Schichten besteht, deren jede wieder zerklüftet ist, so wird sich ein solcher Spalt gegen die Oberfläche hin meistens in viele kleinere auflösen, sich verdecken und die ihn begleitenden Erscheinungen auf eine größere Breite vertheilen.

F. Die Hebung und Aufrichtung oder Einsenkung großer Flächen von einer beträchtlichen Niveau-Differenz scheint jetzt wenigstens immer nur allmählich, fortdauernd oder ruckweise und in letztem Falle immer in Verbindung mit Erdbeben, zu erfolgen; so daß sie im Verlaufe von Jahrhunderten nur wenig bemerklich werden, während die Erscheinungen über den sie begrenzenden und durchsetzenden Spalten, oft schon selbst großartig, sich mehr häufen.

G. Ch. Darwin stellt nach seinen unmittelbaren Beobachtungen über die Korallen-Bildungen in der Südsee einige weitere Sätze auf, welche sich an die vorhergehenden theoretischen anschließen und sie zum Theile bestätigen helfen. Nach ihm ist jetzt 1) die Erd-Oberfläche in ausgedehnte lange Felder getheilt, welche abwechselnd miteinander in großer Einförmigkeit und Ausdauer sich sehr langsam heben und senken; 2) alle Eruptions-Punkte fallen in die Hebungs-Felder und das Vorkommen von Eruptions-Gesteinen beweiset, daß zur Zeit ihres Ausbruches die Stelle zu einem Hebungs-Felde gehört hat; 3) Korallen-Riffe fallen in die in's Meer sinkenden Senkungs-Felder und gestatten daher später den vorigen analoge Schlüsse und Folgerungen über ehemaligen Kontinental-Zusammenhang; 4) Hebungs-Felder können später Senkungs-Felder werden und umgekehrt, und durch den endlosen Wechsel in dieser Beziehung den in der Bildung der Erd-Rinde erklären [1]).

[1]) Jahrb. *1838*, 91.

Doch ist ad 2 zu bemerken, daß das Vorhandenseyn von Eruptionen auch an den tiefsten Stellen der Senkungs-Felder nicht unwahrscheinlich, aber unter dem Meere der Beobachtung entzogen ist; wie dagegen Skandinavien und Grönland ohne alle vulkanische Erscheinungen und Erdbeben doch fortwährend sich heben oder senken.

H. In langsamer Hebung begriffen waren zu Anfang des jetzigen Zustandes der Dinge: Nord-Rußland, Skandinavien, Nord-Frankreich, Großbritannien, die Ostküste Nord-Amerika's, Westindien, beide Küsten Süd-Amerika's, einige Inseln der Südsee, Ostindiens, das Rothe Meer, Morea, Sizilien u. s. w. In noch fortdauernder Hebung befindet sich fast ganz Skandinavien, Dänemark, Chili, ?Sumatra. In Senkung waren nach jener Zeit oder sind noch: die Südspitze Schwedens, West-Grönland, die Adriatische Küste und die meisten niederen Korallen-Inseln der Südsee.

a. Allmähliche Hebungen und Senkungen ausgedehnter Landstriche sind fast nur längs den Küsten beobachtbar, wo der Meeres-Spiegel als unveränderliches Niveau einen Maasstab liefert, dessen man in Binnenländern gänzlich entbehrt. Gleichwohl bemerkt man noch jetzt solche fast in allen Welttheilen und Ländern, besonders aber in Europa, Amerika und der Südsee.

b. Den universellsten und am längsten bekannten Beweis einer langsamen weitererstreckten Hebung des Landes und Senkung des Meeres-Grundes, woraus man aber bald einen Rückzug der Gewässer in's Innere der Erde (vgl. jedoch §. 90 f), bald einseitig nur die Hebung des Landes oder nur die Senkung des Meeres gefolgert hat, liefern die unermeßlichen Schichten voll Meeres-Versteinungen, welche man in allen Höhen der Erd-Oberfläche antrifft. — Wenn gleich aber in der Regel Hebungen und Senkungen einander in benachbarten Ländern und Meeren entsprechen haben dürften, so wird es doch natürlicher seyn, das Emporragen neptunischer Gesteine über den Meeres-Spiegel vorzugsweise von Hebungen herzuleiten, weil, wo die Hebung eines einzelnen Stückes Land genügen würde, um das jedesmalige Entstehen einer Niveau-Differenz zu erklären, eine Senkung des ganzen Meeres-Bodens zugleich um die nämliche Höhen-Differenz, oder die eines einzelnen Theiles in eine verhältnißmäßig ungeheure Tiefe angenommen werden mußte.[1]).

c. Unter den früher emporgehobenen Meeres-Niederschlägen sind jene Muschel-Haufen, Muschel-Sand und Muschel-Kies insbesondere bemerkenswerth, welche, oft ohne regelmäßige Schichtung, lauter noch jetzt in der Nähe lebende Konchylien-Arten enthalten und oft als Theile ehemaliger

---

[1]) Playfair, *Illustrat. of the Huttonian Theory 1802*, §. 393.

Terrassen-förmiger Gestade zuweilen mit an den Felsen noch ansitzenden Muscheln ebenfalls lebender Arten zu erkennen sind; — indem diese nämlich aus einer sehr neuen, wenn gleich vorgeschichtlichen Zeit herrühren müssen, wo die Thier-Welt bereits die jetzige war. Von der Entstehungs-Weise und Form solcher Ufer-Terrassen war schon S. 168 und 197 die Rede. Wir werden die hieher gehörigen Beispiele mit den unter d anzuführenden verbinden.

d. Endlich gibt es viele noch jetzt fortdauernde Niveau-Änderungen des Landes gegen den See-Spiegel genommen, wovon wir die wichtigsten in Verbindung mit Belegen voriger Art berichten wollen.

Skandinavien. Zuerst hatte L. v. Buch Muschel-Ablagerungen lebender Arten in ansehnlichen Höhen über dem Meere bemerkt. Darauf sah Brongniart zu Uddewalla im südlichen Norwegen Balanen noch lebender Arten 200′ über dem jetzigen Meeres-Spiegel an Felsen hängen. Lyell entdeckte 1834 Muschel-Ablagerungen von gegen 50 lebenden Arten auch auf der Seite des Bottnischen Meerbusens in 1—100′ über dem jetzigen Meeres-Spiegel und bis 50 Meilen Engl. landeinwärts, aber die meerischen Arten kleiner als gewöhnlich, wie da, wo sie noch jetzt in brackischen Wassern leben [1]). Sie wurden von Beck genau untersucht. — Keilhau und Boeck fanden Balanen lebender Arten zu Hellesaaen in Norwegen 8 Stunden von der Küste in 430′ Meeres-Höhe. Einen Ziegelthon und Muschelkies voll noch in der Nordsee lebender Arten, oft 100′ mächtig und in der jetzigen Küste entlang ziehenden bis zu 600′ Seehöhe reichenden Streifen, Absätzen kleiner und oft wiederholter Hebungs-Akte, verfolgten sie von S.O.-Norwegen an durch Nord-Schweden und Finnmarken. Wurzeln und Stämme einstiger Baum-Wälder sind hiedurch in Höhen gelangt, wo jetzt eine Baum-Vegetation überhaupt nicht mehr stattfinden kann [2]). — Schon vor mehr als hundert Jahren fand Celsius an der Skandinavischen Küste die Meinung verbreitet, daß die Nordsee sowohl als das Baltische Meer sich senke, und er schätzte in Folge genauerer Nachforschungen diese Senkung auf 40″ Schwed. in einem Jahrhundert. Das Ansteigen von sonst verborgen gewesenen Klippen über den See-Spiegel, die Ausbreitung der Küste, die allmähliche Entfernung aller Seehäven von derselben und die Beobachtung absichtlich an den Klippen der Küste eingehauener Zeichen hatte ihm hiebei als Maasstab gedient. Playfair behauptete darnach i. J. 1802, das Meer senke sich nicht, sondern das Land hebe sich. L. v. Buch drückte [3]) i. J. 1807 die Überzeugung aus: „von Frederikshall in Schweden bis Abo in Finnland und vielleicht bis Petersburg hebe sich das Land fortwährend langsam und unmerklich; so wie an einigen Stellen der Norwegischen Küste bei Bergen u. s. w. Aus einem i. J. 1821 an die Schwedische Akademie erstatteten Berichte über das Ergebniß der von ihr und dem Russischen See-Ministerium

[1]) Jahrb. ***1835***, 372. — [2]) Jahrb. ***1837***, 338.
[3]) in seiner „Reise durch Norwegen", II, 289 u. a.

veranstalteten Untersuchung der früher längs der Küsten angebrachten Zeichen ergab sich, daß in Skandinavien, hauptsächlich aber an dessen innerer nördlichen Küsten, die Hebung wirklich noch fortdauere, mehr im Bottnischen als im Finnischen Meerbusen, und daß sie dort nach Verschiedenheit der Stellen 3′—5′ im Jahrhunderte betrage, so daß in deren Folge nicht nur die unteren Theile der Felsen und Grund-Pfeiler von Häusern in Stockholm allmählich aus dem Wasser hervorkommen; sondern auch die Küste immer weiter in's Meer hinausrücke, was zu Lulea in 28 Jahren 1, zu Pitea in 45 Jahren ½ Meile Engl. beträgt [1]. — In den Jahren 1820 und 1821 hatte die Akademie auch die an den Küsten angebrachten Wasser-Zeichen vermehren lassen, um solche später öfter zu beobachten. Im J. 1834 bereiste Lyell einen großen Theil der Skandinavischen Küste, um diese Zeichen nebst den jüngeren geologischen Verhältnissen des Landes zu untersuchen. Er fand die Dänischen Küsten, die Süd-Küste Schwedens in vollkommener Unbeweglichkeit und entdeckte die ersten Spuren der Hebung zu Calmar an der Ostküste Schwedens in 56°41′ Br. Er fand die 1821 eingehauenen Zeichen am Bottnischen Busen von Stockholm bis Gefle (59° 20′ bis 60° 40′) und an der Nordsee von Gothenburg bis Uddewalla (57° 10′ bis 57° 30′) um einige Zolle abermals gehoben, in einem Verhältnisse von 2′ — 3′ auf's Jahrhundert [2]. — Bravais entdeckte in Finnmarken zwischen 70° und 71° Br. drei ehemalige Meeres-Gestade übereinander, welche jedoch nach einer Seite geneigt sind. Das oberste senkt sich von Haafjiord bis Hammerfest von 67m4 auf 28m6, das unterste von Altenfjiord bis Hammerfest von 27m7 auf 14m1 über dem jetzigen See-Spiegel; das mittle ist weniger deutlich [3]. — Everest fand 1830 das Niveau der Norwegischen Insel Munkholm seit der historischen Zeit nicht wesentlich geändert [4]. — Nilsson (aufmerksam gemacht durch das Vordringen der Ostsee in die flache Samländische Küste) zeigte später, wie die Hebung Skandinaviens nach Süden hin abnehme, bei Sölvitsborg an der Nord-Grenze Schonens verschwinde, und wie noch weiter südwärts das Land sich sogar fortdauernd langsam senke. Denn an der ganzen S.- und S.-O.-Küste Schonens, von Ystad bis Cimbritschamn, zieht sich ein 30′—100′ hoher und verhältnißmäßig breiter Wall aus Sand, Grand und Feuerstein-Brocken, der Yörabäck, längs dem Strande hin, der offenbar durch starke Bewegungen der Ostsee aufgeworfen ist und stellenweise über Torf-Moore noch im jetzigen Bereich des Meeres liegend wegsetzt, welche Kunst-Produkte wohl hinter aber nie unter dem Walle enthalten und daher vor der Bevölkerung des Landes gebildet sind, und welche ganz aus Holzarten (ohne Tange) mit Süßwasser-Konchylien bestehen und demungeachtet in einer Entfernung von 50 — 100 Ellen vom

[1] Johnston, Jahrb. *1834*, 440.
[2] Jahrb. *1835*, 372; *Philos. Transact. 1835*, I; = *Mém. de Neuchât.* I, *1835*, *Bulletin bibliogr.* p. 1—35.
[3] Jahrb. *1840*, 720. — [4] Jahrb. *1831*, 326.

Ufer bei gleichbleibender Zusammensetzung und 4'—6' Mächtigkeit sich 2' tief unter das Meer einsenken, unter welchem sie nicht entstanden seyn können. Ferner wird das Stein-Pflaster des Marktfleckens Trelleborg bei hohem Meeresstande überschwemmt und 3' tiefer im Boden ein anderes altes Pflaster etwas unter dem mittlen Meeresstande entdeckt. Endlich wird der Stafsten (1836) um 380' näher am Strande befunden, als 87 Jahre früher, wo Linné seine Schoonische Reise machte [1].

In Dänemark hat Forchhammer [2]) die Beobachtungen fortgesetzt. Das Niveau der Insel Saltholm, Kopenhagen gegenüber, scheint sich in geschichtlicher Zeit nicht geändert zu haben; aber 6 Meilen N. von Kopenhagen ist ein alter Strand 6' über dem jetzigen See-Spiegel zu erkennen; an der Insel Bornholm sieht man einen solchen in 40' Höhe, und aus den wahrscheinlich vor 900 Jahren am Meeres-Rande angelegten, jetzt aber gehobenen christlichen Grabmälern berechnet Forchhammer die allmähliche Hebung auf 1' im Jahrhundert, welcher jedoch eine plötzliche Hebung um 10' vorangegangen zu seyn scheint. Muschel-Ablagerungen von lebenden Arten finden sich über ganz Dänemark, Schleswig und Holstein oft bis zu sehr ansehnlicher Höhe verbreitet; so eine bei Börnhövel in Holstein in 150' See-Höhe [3]). Ähnliche Folgerungen zog Trevelyan aus zahlreichen christlichen Grabmälern aus der nämlichen Zeit längs der Jütländischen Küste [4]).

An der Ostsee treten längs der Südseite beständige Veränderungen ein, welche Thebesius [5]), v. Hoff („Geschichte der natürlichen Veränderungen"), Voigt („Geschichte Preußens"), ein Ungenannter und nach ihm Berghaus [6]) beschrieben haben; allein sie lassen nicht unbedingt gewiß auf eine vertikale Hebung oder Senkung des Landes schließen, sondern sich allenfalls durch Anbrüche und Anschwemmungen des Meeres erklären.

Dagegen scheinen allmähliche Niveau-Veränderungen des Bodens dem Innern von Deutschland nicht fremd zu seyn. Zenne hat mehre Fälle bezeichnet, wo für einen gegebenen Standort gewisse Gesichts-Punkte hinter davorgelegenen Höhen allmählich versunken, oder emporgestiegen sind [7]).

Längs der Nordküste von Frankreich hat man ebenfalls mehre Ablagerungen von Muscheln noch lebender Arten über dem höchsten jetzigen Bereich des Meeres entdeckt.

Auf Guernsey und Jersey fand Trevelyan Spuren alter Gestade, wahrscheinlich aus der Periode des jetzigen Zustandes der Dinge, 8' über dem gegenwärtigen Hochstande des Meeres [8]).

An vielen Stellen der Britischen Küste und insbesondere des nördlichen Theiles derselben findet man Lager von noch lebenden Arten von

---

[1]) Jahrb. *1839*, 475.

[2]) Über Bornholm waren schon früher Rawert und Gaarlieb (*Bornholm beskreven Kiövenhafn, 1819*) derselben Ansicht.

[3]) Jahrb. *1838*, 93. — [4]) Jahrb. *1839*, 346. — [5]) Jahrb. *1839*, 356.

[6]) Jahrb. *1839*, 108. — [7]) Jahrb. *1838*, 440. — [8]) Jahrb. *1839*, 346.

See-Konchylien in verschiedener Höhe über dem Meeres-Spiegel. Lyell hat viele Beispiele in seinen *Principles* zusammengestellt. In Schottland haben sie Milne [1]), Prestwich [2]), Stevenson [3]), Bald [4]), Home Drummond [5]), Blackadder [6]) u. e. A. [7]) an der Ostküste, Laskey [8]), Adamson [9]) in dem Becken des Clyde und Lochlomond, Th. Thomson [10]), Macgregor, Maclaren, Jameson [11]) und J. Smith an der Westküste und hauptsächlich in Dumbartonshire und Yorkshire beobachtet [12]). Über dem Till, einem ungeschichteten Thon mit Felsblöcken (Ablagerung durch Eis? S. 201) ruhen Schichten feinblätterigen Thones von Sand und Kies überlagert, welche letzten alle, aber zumal der Thon, Reste von etwa 70 Arten See-Konchylien enthalten, die bis auf einige sehr wenige (4) als an der dortigen Küste lebend bekannt sind. Man findet den Thon, einen in ruhiger Tiefe des Meeres erfolgten Niederschlag, gewöhnlich 30′—40′ und ausnahmsweise auch 50′ und 70′ hoch über dem jetzigen See-Spiegel und bis 8 Engl. Meilen davon entfernt. Er ist in jener Höhe begleitet von alten Terrassen-artigen Hoch-Gestaden, deren Bildung, nach der jetzigen Thätigkeit zu schließen, einen über 2000 Jahre lang sich gleichbleibenden Stand des Meeres erforderte. Aber die Hebung des Landes muß zur Römer-Zeit schon beendigt gewesen seyn, da die Römische Mauer längs dem Forth und Clyde erst am jetzigen Strande endiget und auch die alten Britischen Grabmäler und noch ältere verglaste Burgen darauf hindeuten, und da endlich der Michelsberg in Cornwall sich gegen das Meer noch jetzt genau so verhält, wie ihn Diodorus Siculus (lib. V) unter dem Namen „Ictis“ beschreibt. J. Smith sammelte später die Muscheln und die Nachrichten der übrigen Schriftsteller von den erwähnten Muschel-Lagern und Hoch-Gestaden auf allen Punkten der Britischen Inseln und fand überall dieselben Verhältnisse bestätigt. Die Anzahl seiner Konchylien-Arten brachte er auf 180, wovon nur 14 lebend nicht bekannt sind. Niveaus-Änderungen aus derselben Zeit weisen nach: in England auf der Ostküste: Phillips [13]), Rose [14]), Robberds [15]), Sedgwick [16]); auf der Südküste: Mantell [17]), De la Beche [18]), Sedgwick und Murchison [19]); auf der Westküste: Egerton, Murchison und Gilbertson [20]); — in Irland auf der O.-, W.- und N.-Küste Griffiths, Portlock; auf den W.-Schottischen Inseln Mac-Culloch [21]) u. s. w. Diesen Nachrichten zu Folge findet man jenen Muschel-Thon nun, selbst in Schottland, in allen Höhen über

1) *4. Report.* 638. — 2) *Geol. Proceed. 1837*, 3. März.
3) *Transact. of the Werner. Soc.* III, 327. — 4) das. I, 483, III, 125.
5) V, 440. — 6) V, 424, 572. — 7) II, 342, 348; V, 572, 575.
8) IV, 568. — 9) IV, 334. — 10) *Records.* I, 131.
11) Jahrb. *1836*, 98. — 12) Jahrb. *1837*, 477, *1839*, 215.
13) *Yorksh.* I, 23, 194. — 14) *Philos. Mag. 1826*, Jan. 30.
15) Ebend. *1827*, 223. — 16) *Geol. Proceed.* I, 409. — 17) *Suss.* 285.
18) *Manual*, 149. — 19) *Proceed. 1836*, Dec. 14.
20) *4. Report.* 654. *Anniv. addr. 1832.*
21) *Western Isl.* I, 293, II, 480.

dem Meere von 1' bis zu 400', und weniger gewiß verbürgt zu Moel Tryphane sogar in 1400'; namentlich aber auf Sheppey in 140', in Norfolk und Yorkshire in 70' bis 100', in Devonshire in 70', zu Preston in Lancashire in 300'; — im Forth-Becken in 90', am Loch Lomond in 70; auf Skye in 70', zu Airdrie bei Glasgow und zu Gamrie in Schottland in 350'; — in Irland zu Brayhead in Wicklow in 200'—300'; zu Howth bei Dublin in 100'; wozu dann auf den Western Islands die alten Hochgestade, nach der Bildung der Trapp-Gänge in Rothem Sandsteine entstanden, in sehr gleichbleibender Höhe von 300' kommen [1]).

Selvester folgert eine Senkung der Feröer, weil er am 6. Jan. 1825 von seinem Hause aus $\frac{2}{3}$ der Sonnen-Scheibe hinter einem Berge erblickte, wo er zur nämlichen Zeit 1801 nur deren oberen Rand sah; und weil das Meer andauernd in die Küsten vordringt [2]).

Die Küsten des westlichen Grönlands dagegen sind nach Pingel in einer noch fortwährenden langsamen Senkung auf einer Erstreckung von mehr als 100 Deutschen Meilen zwischen 60° 43' und 65° 20' und vielleicht selbst bis 69° N. Br. begriffen, indem man an diesen Stellen erbaute Wohnungen in Zeit von wenigen Dezennien von ansteigendem Wasser bedroht sieht [3]).

In Nord-Amerika findet man nach Bayfield im Golfe des St.-Lorenz-Stromes Terrassen-artige Hochgestade bis zu 60' See-Höhe und parallele Sand-Streifen mit Konchylien-Resten dort lebender Arten bis zu 100' [4]). Ähnliche Erscheinungen in New-York deuten auf einen 120' höhern Meeres-Stand [5]).

Die hochliegenden Korallen-Bildungen von lebenden Arten auf den Westindischen Inseln, 360' über dem See-Spiegel sind schon von Humboldt [6]) besprochen worden.

An der ganzen Sibirischen Küste von der Lena-Mündung bis zur Behrings-Straße zieht sich das Meer immer weiter von dem Hochgestade zurück, an dessen Fuße sich ein flaches Vorland bildet [7]); doch ist wegen Mangels an genauerer Beobachtung nicht zu erfahren, ob dieser Rückzug nicht bloß ein horizontaler seye.

Süd-Amerika ist seit sehr langer Zeit in fortwährender, steter und stoßweiser, Hebung begriffen. Die Hebungen der Küste Chili's sind Gegenstand gleichzeitiger Beobachtungen gewesen, und Muschel-Ablagerungen wie die Englischen und Skandinavischen gestatten Schlüsse auf die zunächst vorhergegangene Zeit. Die gleichzeitigen Beobachtungen beginnen mit den Erdbeben am 2. Mai 1750; an diesem Tage ging das Meer über Concepcion weg, der alte Haven wurde unbrauchbar, die Küste wurde 10 Engl.

---

[1]) Jahrb. *1839*, 215—219. — [2]) *l'Institut 1841*, IX, 6.
[3]) Jahrb. *1837*, 339. — [4]) Jahrb. *1834*, 444.
[5]) v. Zach, monatl. Korresp. XXVI, 241.
[6]) *Journ. d. Phys.* LXX, 120. — [7]) Jahrb. *1838*, 248.

Meilen von der Stadt gerückt; eine $1\frac{1}{2}$ Meilen breite und 4—5 Faden tiefe Stelle ward zur Untiefe. Die Küste scheint um wenigstens 24′ gehoben worden zu seyn [1]). Am 19. Nov. 1822 [2]) wurde die Chili'sche Küste in 100 Engl. Meilen Länge- und 100.000 Quadrat-Meilen Fläche-Ausdehnung um 1′ — 3′ (Valparaiso) — 4′ (Quintero) und mehr gehoben, so daß an Felsen ansitzende See-Konchylien, Austern, Balanen u. dgl. nach Mrs. Graham in's Trockne gelangten und so von Meyen 1831 noch beobachtet werden konnten. — Aber man findet solche an alten Felsen-Ufern und Terrassen-artigen Hochgestaden ansitzende See-Konchylien und in übereinander liegenden Streifen abgesetzte Muschel-Lager voll lebender Arten nach Freyer nördlich von Arica (18° 26′ Br.) in 20′ — 50′ See-Höhe und auf der Insel San Lorenzo in der Bai von Callao, wie im Osten von Valparaiso in ansehnlicher Höhe; — nach Caldcleugh von Concepcion (350 Engl. Meilen S. von Valparaiso) bis Copiapo (350 Engl. Meilen N. von Valparaiso) auf Stufen-Ebenen in 14′—300′; — nach Darwin vom Rapel-Flusse (60 Engl. Meilen S.) bis Conchali (80 Meil. N. von Valparaiso) auf Terrassen in 60′—230′ Höhe und bis 10 Meilen landeinwärts, mit um so mehr zersetzten Schaalen, je höher und weiter dieselben vom Meere entfernt sind, ja minder kenntliche sogar bis zu 560′ und 1300′, und nach Alison bei Valparaiso in 1400′ Seehöhe. Die äußerst langsame Zersetzung dieser frei an der Luft liegenden Muscheln erklärt sich aus der Seltenheit des Regens in diesen Gegenden. Einige andere Beweise neuerer Hebung sind aus Meeres-Klippen und Untiefen entnommen. So meldet Caldcleugh im Jänner 1837, daß in der Bai von Concepcion seit Frezier (1712) und Ulloa (1744) mehre diesen unbekannt gewesene Klippen bis gegen die Oberfläche gestiegen. In der von Valparaiso ist der Felsen bei der Cabrada de los Angelos, welchen Ulloa 900′—1200′ von der Küste angibt, wo er unsichtbar seye, jetzt der Küste auf 600′ nahe gekommen und so gestiegen, daß sich die Wellen über ihm brechen. Andere Felsen bei der

---

[1]) Lyell's ***Principl.*** I, 440.

[2]) Castillo Albo im ***Mercurio Chileno 1828***, 345.
Onofre Bunster in der ***Abeja Argentina*** XI, 38.
Mrs. Graham in ***Geol. Transact.*** > Poggend. Ann. III, 345.
Bellas Greenough im ***Edinb. Journ. 1834***, XVII, 205. > Jahrb. ***1836***, 708.
Meyen in Bergh. Annal. ***1834***, XI, 129 > Jahrb. ***1835***, 594.
Freyer im ***Philos. Journ. 1835***, VII, 318 „ Jahrb. ***1836***, 713.
Belcher „ „ „ ***1836***, VIII, 159 „ „ „ „
Bower „ „ „ „ „ „ „ „ „ 714.
Cuming „ „ „ „ „ „ „ „ „ „
Woodbine Parish, ebendas. . . . 181 „ „ „ 717.
Caldcleugh, ebendas. . ***1837***, XI, 98 „ „ ***1838***, 449.
Ch. Darwin „ . „ „ 101 „ „ „ 450.
Mar. Rivero „ . „ „ „ „ „ „ „
Dumoulin in ***l'Instit. 1838***, 348 > Jahrb. ***1839***, 111.
Pentland im ***Edinb. n. phil. Journ. 1838***, XXIV, 440, > Jahrb. ***1839***, 469.

Cruz de Reyes, welche 1821 noch vom Meere bedeckt waren, ragen jetzt 4' hoch über Hochwasser hervor. Im Haven von Coquimbo sind seit Feuillé (1710) drei Felsen von dem Meeres-Spiegel an bis zu 12' über Tiefwasserstand, und ein anderer „die Schildkröte" von 5'—6' Seehöhe zu 9' über Hochwasser gestiegen. Zu Valparaiso ist seit 1822 ein Damm-Weg von Hochwasser-Höhe an um 7' höher gestiegen und ein Gelände seewärts von ihm theils durch Hebung und theils durch Auffüllung entstanden, das nun mit 2 Häuser-Reihen bedeckt ist. Daß dort die Hebung aber ungleich gewesen, geht daraus hervor, daß von gewissen Stellen aus einige Höhen-Punkte nach dem Erdbeben nicht mehr sichtbar, sondern hinter davor gelegenen Anhöhen verschwunden waren. — Darwin bestätiget das letzte, jedoch so, daß er die Hebung des Damm-Weges seit 1817 auf 8' und die im Jahre 1822 allein auf wenigstens 3' angibt. Er fügt bei, daß die im Jahre 1634 nahe am Meere, etwa 4' 6'' über demselben erbaute Kirche St. Augustin jetzt mit ihren Grundmauern 19'6'' über Hochwasser liege, was im Ganzen 15', und auf ein Jahrhundert 6' Hebung ausmache (indem er wahrscheinlich die 3' plötzlicher Hebung von 1822 nicht mitgerechnet?). So ist auch die Granit-Wand an der Küste 14' über dem jetzigen Spiegel vom Meere ausgewaschen, was auf eine Zeit längerer Ruhe hindeutet. Darwin ist der Ansicht, die Küste Chili's hebe sich seit 1822 noch fortwährend auf eine unmerkliche Weise, wie man wenigstens an der Insel Chiloe bestimmt erkenne. Denn auch die Ost-Küste Süd-Amerika's vom Rio Plata bis zur Magellans-Straße biete Stufen-Ebenen mit Lagern von Konchylien lebender Arten dar, obschon man dort keine Erdbeben kennt und auch die heftigsten Erschütterungen Chili's kaum bis zum Flusse der Anden empfunden werden. Darwin war, wenn wir nicht irren, vor dem letzten Erdbeben von 1835 in Chili; seine Reise währte 1832—1836; er handelt von demselben in einem anderen Aufsatze [1]), wie es scheint, nur nach fremden Angaben [2]), besonders Caldcleugh's [3]), sowie des Residenten Douglas, ohne dabei der neuen 2'—3' hohen Hebung zu gedenken, wovon Alison [4]) spricht.

In der Südsee hatten schon Mehre Niveaus-Änderungen zwischen Land und Meer aus der Beschaffenheit der Korallen-Riffe und gehobenen Berge von verwitterten Korallen lebender Arten gefolgert, wie namentlich Forster, Peron, Reinwardt in Beziehung auf Neuholland, Diemensland, Timor, Otaheiti, die Molukken [5]) und eine große Anzahl anderer niedriger Inseln und Insel-Gruppen. Peron insbesondere stellt [6]) die zahllosen Korallen-Bildungen und die Muschel-Ablagerungen an und in den Südsee-Inseln übersichtlich zusammen, versichert aber nur von Timor, daß er glaube, unter den Muscheln von lebenden Arten nur

---

[1]) Jahrb. *1839*, 226.
[2]) Fitzroy im *Journ. geogr. Soc. 1836*, VI, 319.
[3]) Jahrb. *1837*, 333. — [4]) Jahrb. *1836*, 719.
[5]) Poggend. Annal. II, 327 und 444.
[6]) Entdeckungsreise nach Australien, II, 268—307.

Tridacna und Hippopus in 1500′—1800′ Seehöhe, unter den Korallen aber lauter Arten der benachbarten Meere wieder erkannt zu haben; obschon er auch hinsichtlich der übrigen Konchylien zur nämlichen Ansicht neigt. Aber eben der gänzliche Mangel vulkanischer Erzeugnisse in vielen der zahlreichen Archipelage der Südsee, zumal in den aus Korallen gebildeten Inseln, leitet ihn zur Meinung, daß das Meer gesunken seyn müsse, um solche über seiner Oberfläche erscheinen zu lassen [1]. — Darwin hat bestimmtere und allgemeinere Ansichten darüber entwickelt, welche wir oben in §. 94 G mitgetheilt haben, so weit sie aus der dort benützten Quelle zu ersehen sind, welche aber nur wenige örtliche Anwendungen gestatten. Man ersieht daraus nur, daß die ganze Südsee und der Indische Ozean in abwechselnde, sich hebende und sich senkende Felder zerfallen; daß die Südsee mit ihren niederen Inseln vorzugsweise in Senkung begriffen ist, welche man neuerlich auch auf Keeling Island während eines Erdbebens auf Sumatra ruckweise und bestimmt eintreten sah. In die Hebungs-Felder gehören die hohen Korallen-Gebirge, Timor, Diemensland, dann die vulkanische Insel Sumatra (durch ihre furchtbaren Erdbeben bekannt), Ostindien, das Rothe Meer nach Forskål und Westindien nach v. Humboldt [2]. Auch die inneren Korallen-Riffe der Insel Mauritius deuten auf neuere Hebungen [3].

Die einst sumpfige Gegend zwischen dem Schwarzen und dem Kaspischen Meere ist seit den Römern trocken geworden durch Hebung, jedoch unter Mitwirkung der Verdunstung.

In Süd-Europa zeigt sich längs der ganzen Südküste von Morea, welches auch deren geognostische Natur seye, in Kreide, jungem Tertiär-Kalk und Land-Konglomerat-Felsen ein altes Hochgestade aus 4—5 übereinander liegenden Terrassen, deren Bildung wohl in die nämliche Zeit mit den oben erwähnten fallen dürfte [4].

Die ganze Dalmatische Küste und ein Theil der gegenüber liegenden Italienischen sind nach G. A. Klöden seit der Römer-Zeit in langsamer Senkung begriffen, welche bis jetzt an manchen Orten mehre Fuße im Ganzen und bis 1′ im Jahrhundert beträgt. Man findet unter dem Spiegel des Meeres alte Land-Gebäude, Mosaik-Böden, Straßen-Pflaster, Kirchen-Böden, Begräbniß-Stellen mit Sarkophagen und Urnen in Gesellschaft von anderen Beweisen: auf der Italienischen Seite zu Ravenna, Venedig, Rimini u. s. w.; — in Istrien um Triest und Pola; — im Golfe von Quarnero zu Porto Re und Fiume; — in Dalmatien zu und um Zara; — auf den Inseln Zuri, Bragnitza, Bua, Traù, Lissa u. s. w. Vulkanische Erschütterungen sind an allen diesen Orten nicht selten. Auch sind durch solche zwei Inseln bei Venedig aus dem Meere plötzlich emporgestiegen [5].

So verhält es sich auch mit der viel besprochenen Gegend von Pozzuoli bei Neapel, die jedoch einer abwechselnden Hebung und Senkung

[1]) a. a. O. 290. — [2]) Jahrb. *1838*, 92. — [3]) Jahrb. *1841*, 255.
[4]) Boblaye, Jahrb. *1834*, 97. — [5]) Jahrb. *1839*, 450—454.

unterliegt [1]). Zwischen Pozzuoli und dem Lago Lucrino sieht man 200 Schritte landeinwärts ein altes Hochgestade; — und Philippi fand 1832 unter dem Fundamente des Hospitals von Pozzuoli, 25′ über dem See-Spiegel, ein reiches Muschel-Lager aus lauter (107) noch lebenden Arten, wovon nur eine außerhalb dem Mittelmeere zu Hause ist. Ähnliche Verhältnisse fand er auf Ischia. — Der Tempel des Jupiter Serapis zu Pozzuoli mit Bädern wurde von den Römern über heißen Quellen in der Nähe des See-Spiegels erbaut, gerieth aber auch unter denselben schon in Verfall, und wurde allmählich bis zu 7′ Höhe einiger seiner stehengebliebenen Marmor- und Granit-Säulen von [seinem eigenen?] Schutt angefüllt, in welchem man wieder ein Römisches Grab und Fundamente einer Mauer gefunden hat. Daraus aber, daß jener Schutt wieder mit Seesand bedeckt, die daraus hervorragenden Säulen alle in einer gleichen Zone zwischen 11′—19′ Höhe wieder durch die Wasser angefressen und theilweise von Serpulen bedeckt und 3 Marmor-Säulen darunter von Lithodomen durchbohrt gefunden worden, folgt, daß dieser Tempel einmal bis zur Höhe von 19′ in den Meeres-Spiegel eingesunken gewesen seyn müsse, unter welchem man noch jetzt ganz in der Nähe die Tempel des Neptun und der Nymphen und theilweise die Brücke des Caligula eingesunken sieht, woran aber der sechste Pfeiler in 4′, der zwölfte in 10′ Höhe über dem jetzigen Spiegel ebenfalls von Lithodomen durchbohrt sind, was man auch an den Ufer-Felsen der Insel Nissida gegenüber in 32′ Seehöhe wahrnimmt. Da nun aus den angegebenen Verhältnissen der Brücke und Felsen eine Wiederemporhebung und zwar von einem ungleichen Betrage unläugbar folgt, — wie denn auch die nach Basil Hall seewärts geneigten Säulen des Tempels selbst eine ungleiche Hebung andeuten — so kann die aus bloßen Natur-Merkmalen gefolgerte Wiederemporhebung des Tempels keine Schwierigkeit mehr haben, welche zu vermeiden Göthe die zeitweise Bildung eines höheren kleinen See-Beckens um den Tempel herum angenommen hatte. Von allen diesen Vorgängen hat man jedoch keine unmittelbare geschichtliche Kunde; nur durch Urkunden im Archive zu Pozzuoli brachte man in Erfahrung, daß kurz vor und bei Anfang des 16ten Jahrhunderts die Regierung den dortigen geistlichen Stiftungen ansehnliche Land-Strecken schenkte, die erst kürzlich vom Meere frei geworden waren, und man weiß, daß im Jahre 1538 der ganz nahe Monte nuovo von 440′

[1]) Breislack *Voyages physiques et lithologiques en Campanie*, II, 161 (*Paris 1801*, 8°); v. Hoff, Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erd-Oberfläche, *I*, 455, *II*, XIII und 203 (Gotha *1822, 1824*); Joria *Ricerche sul tempio di Serapide di Pozzuoli* II, XIII (*Napoli 1820*, 4°); — v. Göthe „zur Naturwissenschaft überhaupt u. s. w.“ *II*, 1, 79 (Stuttgart *1823*, 8°); — Bronn, ökonom. naturhist. Reisen, I, 393—400 (Heidelberg *1825*, 8°); — Fr. Hoffmann im Jahrb. *1833*, 437; — Babbage ebenda, *1835*, 539; — Hamilton *Campi phlegraei* 70; — Forbes im *Edinb. Journ. of Science 1829*, B, II, 280; — Philippi im Jahrb. *1837*, 285; — Basil Hall daselbst *1838*, 711; — Capocci und Arago das. *1838*, 453; — Hullmantel das. *1841*, 255.

Höhe und 8000′ Umfang und mit einem 420′ tiefen Krater binnen einem Tag und einer Nacht emporstieg und 4 Tage später, am 3. Okt., schon so weit von außen erkaltet war, daß man zu seinem Gipfel gelangen konnte; daß dabei das Meer von Nissida im O. bis Baiä, und im W. um 200 Schritte von der Küste zurückwich, was aber zu Neapel, Castellamare und auf Ischia durchaus nicht erfolgte. Nun entdeckte Copocci noch ein zweites Mosaik-Pflaster unter dem schon bekannten Pflaster des Tempels und folgerte daraus und aus den schon erwähnten u. a. Erscheinungen, daß der Tempel im Verhältnisse zum Meeres-Spiegel

	Palmen.	Meter.	
bei der Erbauung vor christlicher Zeit. .	15	= 3,93	höher als jetzt
bei Wiederherstellung der Thermen im Anfang vor christl. Zeit	6,5	1,7	tiefer „ „
vor Entstehung des Monte nuovo 1538	22	5,76	„ „ „
im Anfang des jetzigen Jahrhunderts . .	2,5	0,65	höher „ „ stund.

Dazu berichtet nun Hullmantel, daß die Straße, das Kloster und das Kay zu Pozzuoli seit jetzt 100 Jahren immer mehr der Überschwemmung durch das Meer ausgesetzt seyen, daß man jene schon habe höher legen müssen, und daß das Ansteigen des Meeres binnen etwa 30 Jahren von 1780 bis 1813 gegen 12″ betrage. Babbage hat nun berechnet, daß, um diese Erscheinungen zu erklären, es schon genüge anzunehmen, der Boden, worauf der Tempel stehe, sey bloß durch Erwärmung ausgedehnt worden. Legt man Totten's Versuche (S. 79) über die Ausdehnung von Sandstein zu Grunde, so würde eine Erwärmung um 100° auf 5 Engl. Meilen Tiefe oder eine von 50° auf 10 Meilen Tiefe schon genügen, jene Hebung um 25′ zu bewirken [1]). Russegger scheint die seiner abweichenden Ansicht entgegenstehenden Thatsachen nicht gekannt zu haben [2]).

Wenige andere Thatsachen findet man noch zusammengestellt in Muncke's Physik [3]).

c. Ähnliche Emporhebungen einzelner Inseln und Berge oder örtliche Einsenkungen des Bodens als unmittelbare Folgen vulkanischer Thätigkeit hat man in geschichtlicher Periode schon oft zu beobachten Gelegenheit gehabt.

Die Insel Santorin, welche zugleich als Beispiel eines Erhebungs-Kraters dient, der sich unter unsern Augen noch fortdauernd entwickelt, wollen wir näher betrachten. Die Insel Santorin stellt die Hälfte eines Kreises dar, welcher durch die kleineren Inseln Therasia und Aspronisi in regelmäßiger Fortsetzung fast gänzlich geschlossen wird. Zu uns unbekannter Zeit scheinen alle drei gleichzeitig den Thonschiefer durchbrochen und mit emporgehoben zu haben. Sie bestehen aus nach außen abfallenden Schichten von Trachyt-Konglomerat und Tuff, die man an einem Punkte auf Thonschiefer ruhen sieht. In der Mitte dieses Erhebungs-Kraters scheint die Natur nun einen Vulkan vorbereiten zu wollen. Im J. 184

[1]) Jahrb. *1835*, 540. — [2]) Jahrb. *1840*, 329. — [3]) II, 319—323.

(? 144) v. Chr. erhob sich daselbst die Insel Hiera, jetzt Palaia Kameni, und vergrößerte sich später, namentlich 1724; im J. 1573 bildete sich die Kleine Kameni ganz in der Mitte des Kreises, und 1707—1709 die Neue Kameni, die noch fortwährend Schwefel-Dämpfe ausstößt [1]). Schon seit Ende des vorigen Jahrhunderts bemerken die Fischer neue Hebungen des See-Bodens. Damals fand Olivier zwischen diesen Inselchen und dem Haven von Thera, wo der Boden sonst unergründlich gewesen, noch 15—20 Ellen Tiefe, Bory und Virlet 1829 noch $4\frac{1}{2}$, 1830 noch 4, Admiral Lalande 1835 noch 2 Ellen Tiefe. Auch hatte sich eine neue scharf umschriebene Bank in 29 — 45 Ellen Tiefe gezeigt [2]). Eine ausführlichere geognostische Beschreibung der Insel lieferte kürzlich Russegger [3]).

Wir erwähnen noch beispielsweise des vor einigen Jahren im Mittelmeere entstandenen und bald nachher wieder verschwundenen kleinen Insel-Vulkanes [4]); des neuen Brimstone-Eilandes im Westen der Südamerikanischen Küste [5]), der neuen Insel bei Juan Fernandez [6]), der gehobenen Inseln in den Azoren, bei Unalaschka, in den Molucken [7]).

§. 95. **Räumliche Veränderungen an den Hebungs- und Senkungs-Spalten** [8]). **A.** Die im Verhältniß der Horizontal-Erstreckung unbedeutende vertikale Höhe der Hebungen und Senkungen, die Langsamkeit der Bewegungen, die Weichheit der Gestein-Rinde in größerer Tiefe und die mancherlei Schichtungs- und Klüftungs-Flächen der höheren erklären es, warum in den vorhin erzählten Beobachtungen, die man fast alle im Laufe von nur 1—2 Decennien gesammelt, gewaltsame Durchbrüche der Erd-Rinde nicht vorgekommen sind. Wollen wir die aus dem vorigen §. hervorgehenden theoretischen Folgerungen über die mit solchen Flächen-Bewegungen zuletzt nothwendig verbundenen Berstungen der starren Rinde und die längs dieser Spalten eben so nothwendigen räumlichen Veränderungen im Innern und auf der Oberfläche der Rinden-Masse mit thatsächlichen Beweisen belegen, so müssen wir diese da aufsuchen, wo sie aus einer früheren Zeit herstammend sich in den bereits

---

[1]) v. Buch in Poggend. Ann. X, 172. — [2]) Jahrb. *1838*, 708.
[3]) Jahrb. *1840*, 199—202.
[4]) Jahrb. *1832*, 64, 201, 335, 336, 337; *1833*, 453, 564, 685, 697; *1834*, 103; *1835*, 709, 710; *1838*, 454, 455; *1839*, 220.
[5]) Pöppig, im Jahrb. *1839*, 219. — [6]) Jahrb. *1840*, 730.
[7]) beschrieben von L. v. Buch in Poggend. Annal. X, 1, 169, 345, 514 ff. > Bischof's Erdwärme, 294 ff.
[8]) Kürzlich ist dieser Gegenstand behandelt in dem von Leonhard bearbeiteten Theile dieser Naturgeschichte, der Geologie und Geognosie, S. 160—165.

gehobenen, entblößten und aufgeschlossenen Erd-Schichten erhalten haben.

B. Die aufquellenden Massen können die Erd-Rinde nur auf eine Strecke weit durchsetzen, oder bis zur Oberfläche steigen, oder überfließen. Im ersten Falle bleiben sie durch höher liegende Gesteine verdeckt (**verdeckte und offene Ausbrüche und Ergießungen**). Der wirkliche Ausbruch gegen die Oberfläche erscheint an der Stelle des geringsten Widerstandes, welches gewöhnlich die Mitte der stärker gehobenen Stelle, selten ihr Fuß ist, indem dieser zu schwach anzusteigen pflegt. Eine Ausnahme findet Statt an den steilen und nur aus losem Material bestehenden Aschen-Kegeln der Vulkane.

C. In der Nähe wirklicher Hebungs- oder Haupt-Spalten, wo die Erd-Rinde am stärksten gehoben wird, bilden sich jenen entlang Hebungs-Sättel, **Gebirgs-Ketten**, welche steiler ansteigen, als die großen gehobenen Flächen, deren Ränder sie bilden. Wenn dergleichen Ketten von beträchtlicher Höhe und Breite sind, wie die Anden, Alpen u. s. w., so theilen sie sich leicht durch regelmäßige Zertrümmerung wieder in mehre parallele übereinander aufsteigende, durch **Längenthäler** getrennte und nur hin und wieder von Spalt-ähnlichen **Queerthälern** unterbrochene Gebirgs-Ketten, durch radiales Aufreißen ohne (1), oder bei schiefer Wirkung mit Verschiebung der Schichten (2).

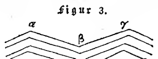


Leicht werden die am meisten zertrümmerten Schichten b c d in der Mitte der Hebung vollends zerstört und das hebende Gestein geht frei zu Tage.

D. Durch Ausbrüche dieser Art werden die **Schichten** neptunischer Gesteine in allen Graden bis zum Senkrechten (**Aufdemkopfestehen**, Fg. 1 a) **aufgerichtet** und zuweilen sogar bis zum **Ueberstürzen**, so daß das Unterste zu oberst kommt. Die durch die einseitige Aufrichtung der Schichten entstehende Neigung (Fig 3, α β) heißt ihr **Fallen**, eine rechtwinkelig dazu in

gleichbleibender Höhe auf der Fläche der Schichten fortziehende Linie bezeichnet ihr **Streichen**; diejenige Streichungs-Linie, welche man sich längs dem Sattel der gehobenen Schichten denken kann, und von wo dieselben nach beiden Seiten abfallen (α), ist die **Antiklinal-Linie (Sattel-Linie)**, jene aber, in welcher die von zwei verschiedenen Seiten her einfallenden Schichten zusammentreffen (β), die **Synklinal-Linie (Mulden-Linie)**.

Figur 3.



Beispiele vom Überstürzen liefern Hohnstein in Sachsen, wo über Quadersandstein Jurakalk und darauf der hebende Granit ruhet [1]), die Abberley-Berge in Staffordshire, wo durch Trapp gehoben sich der untere Ludlow-Fels über den oberen unter Winkeln von 70°—45° lagert, einige Meilen weit [2]): dann Montevideo, wo nach Sellow sogen. Ur-Gebirge sich über tertiäre Formationen gestürzt haben sollen [3]).

E. Aber die durch den Hebungs-Spalt entstandenen Enden der verschiedenen Schichten bleiben nicht immer in gleicher Höhe mit einander, sondern das eine hebt sich oft weit über das andere entsprechende Ende, wie in Fig. 4. Es entstehen hiedurch **Rücken, Wechsel** oder **Verwerfungen** (Failles, Faults), welche oft sehr beträchtlich sind. Oft aber laufen mehre solcher Rücken unter einander parallel, sie behalten von unten nach oben eine gleiche Breite und die zwischen je zweien eingeschlossenen Schichten-Massen bewahren, obschon in verschiedenes Niveau gerückt, doch ihre Parallelität, wie in Fig. 5 [4]).

Figur 4.

Figur 5.

So finden sich Faults in England im
Lias bei Bristol von 200′ Höhe u. 1 Engl. Meil. Länge
„ in Glamorganshire von 100′ Höhe
„ im N. v. Barry Island v. 100′ Höhe u. 1 M. Länge [5])
Oolith u. „ bei Bath . . . . . „ 200′
Kohlen-Gebirge in Glamorganshire bei Clevedon 1000′ [6])
Oldredstone in Fan Sirgaer, Wales, von 700′ [7]).

In Northumberland werden die Schichten des Magnesian-Kalkes durch den 10 Engl. Meilen langen und zuweilen bis 20 Yards breiten

[1]) Jahrb. *1836*, 572; *1837*, 2, 5, 7; *1839*, 154. — [2]) Jahrb. *1836*, 72.
[3]) Jahrb. *1834*, 436. — [4]) Vgl. noch Geol. u. Geogn. Tf. II, Fg. XXIII.
[5]) Jahrb. *1832*, 324. — [6]) Jahrb. *1835*, 586. — [7]) Jahrb. *1836*, 406.

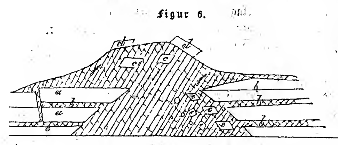
Neunzig-Faden-„Dyke" (ein ausgefüllter Fault) um 90—140 Faden verschoben. Der Dyke scheint aber noch viel weiter in den Stubbick Dyke fortzusetzen, der bei Killingworth die Einsenkung eines schmalen Gebirgs-Streifens um 440 Faden veranlaßt [1]).

Das Kreide-Gebirge auf Wight, Purbeck u. s. w. bis Weymouth ist in einem Akte 1000' hoch auf 60 Engl. Meilen Länge gehoben worden.

Für den zweiten Fall insbesondere ist der Kalk von Derbyshire ein belehrendes Beispiel [2]).

F. Da die geschmolzenen Gestein-Massen nie viel leichter als die erstarrten Schichten sind und bei sinkender Temperatur zähflüssig werden, so vermögen sie oft die letzten zu tragen. Sie dringen daher, von unten getrieben und oft von oben gesperrt, nicht nur leicht in die vorgefundenen oder durch ihren Andrang erst entstandenen Spalten und Klüfte von unten (**plutonische Gang-Ausfüllungen von unten, Dykes**), sondern auch längs der Schichten-Ablösungen der Gesteine (Fg. 6 bb [3]) ein und bilden auf diese Weise plutonische Zwischenlager (**falsche Lager**), die man oft geneigt gewesen ist, für gleich alt mit den neptunischen Schichten und deßhalb für solche selbst zu halten; sie verschieben und zertrümmern, um sich Bahn zu brechen, die ihren Weg verengenden Schichten, nehmen ihre Trümmer in sich auf (Fg. 6 c) oder tragen solche oft in ganzen Schichten auf ihrer schon zähflüssigen Oberfläche über das Niveau der andern Schichten empor (Fig. 6 d [4]); ja sie können ganze Berge neptunischer und plutonischer Art emporheben, wenn der seitliche Abfluß gesperrt

Figur 6.



ist, wo man dann leicht die gehobenen plutonischen für die hebenden Gesteine halten kann. — Wird jene Trümmer-Masse ihrer

[1]) Jahrb. *1833*, 213. — [2]) Hopkins im Jahrb. *1835*, 290 ff.
[3]) und „Geognosie" Taf. II, Fg. XXIII.
[4]) und „Geognosie" Taf. II, Fg. XXIV.

eigenen gleich oder größer, so entstehen **plutonische Konglomerate** (Fg. 6 e). Auf der Oberfläche angelangt, überströmen und bedecken sie die durchbrochenen Schichten (ff) und ergießen sich gegen die Tiefe, so lange ihnen Flüssigkeit genug bleibt, in der Richtung des stärksten Falles, wobei ihre Ströme eine **übergreifende** und **abweichende Lagerung** anscheinender Schichten darstellen können.

Zu b. Eines der großartigsten Beispiele der Verbreitung eines Eruptions-Gesteines längs der Schicht-Flächen neptunischer Gesteine bietet der Whin Sill, eine Lager-förmige Ablagerung von Basalt [?], welche in Nord-England in den Grafschaften Cumberland und Northumberland viele geographische Meilen weit zwischen dem Bergkalke verläuft, nordwärts aber in alle höheren Schichten der Steinkohlen-Formation in drei Zweigen hinaufdringt [1]).

Zu d. So hatte nach Cotta der rothe Porphyr des Thüringer-Waldes bei seinem Durchbruche durch Granit, Gneiß, Glimmerschiefer und Kohlensandstein Stücke von allen diesen Gesteinen theils in sich eingeschlossen, theils auf seinem Rücken mit emporgehoben bis zu 1500' und 2500' Seehöhe, die hierauf gelagerten jungen Gesteine aber bei Seite geschoben [2]).

Zu f. Einen deutlichen, 450' mächtigen Melaphyr-Gang das Kohlen-Gebirge von unten herauf durchbrechend, um es oben mit einer Plattenförmigen, Trümmer des Kohlen-Gebirgs tragenden, Ausbreitung des Melaphyrs zu bedecken, beschreibt Murchison in den Clee Hills [3]).

G. Dünnflüssigkeit empordringender Massen erklärt es, warum dieselben keineswegs immer die ihnen entgegenstehenden Schichten aufzurichten vermögen, ja warum diese sogar, nachdem sie ihrer festen Unterlage durch Zertrümmerung und Schmelzung beraubt sind, oft gegen die andringende Flüssigkeit einsinken. Thäler, deren Seitenwände aus den so eingesunkenen Ausgehenden neptunischen Schichten gebildet sind, hat man **Ausbruch-** oder **Eruptions-Thäler** genannt. Das Wiederzusammensinken der erstarrenden Ausbruch-Masse hat oft ebenfalls darauf gewirkt.

Figur 7.

H. Werden noch weiche, oder durch Hitze oder die mit aufsteigenden Dämpfen (§. 94) wieder erweichte Gesteins-Massen zwischen zwei Auftreibungen eingeklemmt, so daß ihre Schichten

[1]) Jahrb. *1834*, 95—96. — [2]) Jahrb. *1833*, 409—412.
[3]) Jahrb. *1841*, 760.

in der Richtung ihres Streichens in eine kleinere Erstreckung eingezwängt werden, so werden dieselben manchfaltige und starke **Umbiegungen** annehmen, wie wenn man die nassen Blätter eines liegenden und von oben beschwerten Buches in horizontaler Richtung zusammendrückt (Lyell).

I. Nicht nur da, wo nach E die einen Spalt begrenzenden Flächen starren Gesteins sich an einander reiben, oder nach F starre Schichten übereinander geschoben werden, sondern auch wo schon zähflüssige oder fast erstarrte plutonische Massen an starren Flächen emporsteigen, muß eine Glättung der beiden übereinander gleitenden Flächen entstehen (**Rutsch-Flächen**, **Reibungs-Flächen**, **Spiegel-Flächen**, in Erz-Gängen **Spiegel**, **Harnische** genannt), welche mit oder ohne Mitwirkung von Hitze und chemischen Kräften ein mehr oder weniger glattes, oft spiegelblankes und in der Richtung der stattgefundenen Bewegung flach gestreiftes Ansehen entweder unmittelbar annehmen, oder sich mit einer so beschaffenen Kruste überziehen.

So zwischen chloritischen Schiefern und Quarz bei Wiesbaden [1]; zwischen Basalt und Basalt [2]; zwischen Pläner und Pläner in der Nähe von Syenit [3]; in Granit, in Porphyr, in Dolerit-Laven zwischen Granit und Sandstein, zwischen Kreide und Kreide, zwischen körnigem Kalke und Gneiß, in buntem Sandstein in der Nähe von Basalt u. s. w. Ausführliche Schilderung dieser Verhältnisse durch v. Leonhard im Jahrbuch [4].

K. Schieben sich trockene Gesteine an trockenen hinauf, oder drängen flüssige Eruptiv-Gesteine die älteren trockenen empor und reiben diese an einander, so können auch hiedurch auf ganz trockenem Wege **Reibungs-Konglomerate** aus verschiedenen Gestein-Arten entstehen, welche dann später zufällig durch etwas flüssige Zäment-Masse gebunden werden können.

So bezeichnen L. v. Buch und Bernh. Cotta ein durch den rothen Porphyr des Thüringer-Waldes zwischen den Schichten des Kohlen-Sandsteins aufgetriebenes Konglomerat, welches ganz auf trockenem Wege aus Stücken von Porphyr, Sandstein, Gneiß und Glimmerschiefer und aus Porphyr-artigem Zämente gebildet worden, und gegen den Sandstein hin oft deutliche Rutsch-Flächen zeigt. Weiterhin gibt wirklicher Porphyr das Bindemittel ab [5]. Man findet solche von der verschiedenartigsten Zusammensetzung, von gröberm und feinerm, stets ungleichem (ungeschlämmtem) Korne und ungeschichtet in der Nähe von Ausbrüchen.

---

[1]) Jahrb. *1833*, 413. — [2]) Das. 665. — [3]) Das. *1834*, 145. [4]) *1837*, 536—544. — [5]) Jahrb. *1833*, 410.

Zu Fontanaz in Tyrol haben aufsteigende Augit-Porphyre nach L. v. Buch den Feldstein-Porphyr zu Sandstein zerrieben. — Auch ist man oft genug versucht, alle Bunten Sandsteine als ein solches Reibungs-Produkt des aufsteigenden Feldsteins-Porphyrs zu betrachten, da sie in auffallend häufiger Verbindung mit ihm vorkommen und offenbar größtentheils aus Trümmern desselben bestehen. Ihre Bindung mögen sie häufig einer andern spätern Ursache danken, da das Wasser solche noch zuerst in Schichten ausgebreitet haben muß. — Die Tuffe, welche gewöhnlich den Augit-Porphyr in großer Masse begleiten, sind nach v. Buch ein Reibungs-Produkt zwischen diesen und den von ihnen durchbrochenen Gesteinen; sie enthalten daher Trümmer von Augit-Porphyr, Pechstein, Glimmerschiefer, Granit, rothem Phorphyr u. s. w. Besonders mächtig zwischen dem Orta- und Lugano-See, am Ghirla-See [1]).

L. Bei'm Erkalten eines flüssig hervorgequollenen Gesteines müssen sich dieselben Erscheinungen wiederholen, wie bei der Abkühlung der ganzen Erde: Entwickelung von Gasen, die selbst oft den Ausbruch herbeigeführt haben, dann Erstarren von außen nach innen, daher ein allgemeines Zusammenziehen und Zusammensinken, vorzüglich schnelleres Zusammenziehen von außen, anfängliches Drücken seiner Rinde auf das Innere, Berstungen, dann rascheres Zusammensinken des letzten, Entstehung von Höhlen, Nachsinken der Rinde in diese Höhlen: Prozesse, die wegen der Langsamkeit der Abkühlung nach Bischoff's Berechnung bei mächtigen Gebirgen Jahrtausende zu ihrer Vollendung bedürfen, besonders wenn an solchen Stellen das Nachströmen der Wärme von innen heraus fortwährt.

So erklärt Boussingault [2]) insbesondere die einstige Hebung [welche zwar schon in einem starren Zustande stattgehabt haben soll?] und fortdauernden vulkanischen Erscheinungen in den Anden, nachdem er nachgewiesen, daß ein Zusammensinken, eine Erniedrigung wenigstens eines guten Theiles der Kette noch fortwähre. Denn an der Stelle des einstigen Capac-Urn („Hauptberges"), welcher nach der Überlieferung den Chimborasso noch überragt haben soll, findet sich nur noch ein mäßig hohes Haufwerk weit umher liegender Trachyt-Blöcke; und wo am Guaguapichincha bei Quito noch vor 100 Jahren die französischen Geometer durch Schnee sehr in ihren Arbeiten gehindert wurden, da findet sich jetzt solcher nicht mehr. Der Puracé bei Popayan ist nicht so hoch, als ihn Caldas 30 Jahre früher gefunden, und nach Versicherung der Einwohner soll die Schnee-Grenze jetzt näher an seinem Gipfel seyn. Endlich liegen selbst Quito,

[1]) Jahrb. *1830*, 321 ff.
[2]) Die ältere Theorie Boussingault's über die Andes findet man im Jahrb. *1836*, 402.

Popayan, Sta. Fé de Bogota und die Meierei von Antisana jetzt nicht so hoch, als Caldas und v. Humboldt gefunden [1]). Auch die Abkühlung hat in diesen Gegenden fortgewährt; die vom Jorullo 1759 mitunter 550′ hoch ausgeworfenen Massen hatten bei v. Humboldt's Besuche, mithin fast ein halbes Jahrundert später, stellenweise noch eine hohe Temperatur, und die siedend heißen Dämpfe des Berges hatten sich bis Burkart, 21 Jahre später, auf etwa 50° C., die kochenden Quellen ebenfalls beträchtlich abgekühlt [2]). — Nach Breislack sind manche Laven des Ätna nach 25—30 Jahren noch heiß und rauchend, jedoch vielleicht, weil sie noch mit dem Innern einigen Zusammenhang haben. Nach Monticelli und Covelli hatte sich der 7′—12′ dicke Lava-Strom des Vesuvs vom 26. Febr. 1822 nach 73 Tagen in seiner Oberfläche nur bis auf 135° C. abgekühlt. Nach Bischof's Berechnungen, gegründet auf seine Beobachtungen über die Abkühlung einer Basalt-Kugel, würden die zwei vulkanischen Kegel auf Oweihi, welche 15000′—16000′ hoch sind und 250 Quadrat-Meilen Oberfläche haben, wenn sie bei ihrem Hervortreten aus dem Meere schon bis auf 230° abgekühlt waren, noch 2700—2900 Jahre bedürfen, damit diese Abkühlung bis auf 0,°01 C. über die Temperatur des Welt-Raumes fortschreite. Die Eintauchung des Fußes dieser Vulkane in's Meer würde zwar die Abkühlung sehr befördern, aber dessen Zusammenhang mit dem Innern sie sehr aufhalten können [3]). Auch war der Einfluß von Regen und Schnee bei seiner Berechnung nicht in Anschlag gebracht.

Dafür, daß große Höhlen im Innern gehobener Berg-Ketten wirklich bestehen, scheinen noch zu sprechen die zahlreichen Grotten in den Laven der oberflächlich ergossenen Ströme des Ätna, Hekla, Jorullo u. a., und das Correspondiren weit von einander entlegener Vulkane. Als Beleg erster Art kann man bezeichnen, daß die Fossa della Palomba bei Nicolosi am Ätna oben eine horizontale Öffnung von 625′ Umfang und eine Tiefe von 78′ besitzt; von ihrem Boden gelangt man mittelst Leitern in eine ganze Reihe andrer, die endlich mit einem 90′ langen und 15′—50′ breiten Stollen endigen [4]). — Einige Belege letzter Art führt v. Buch [5]) an. In derselben Stunde, wo 1797 die seit mehren Monaten aus dem Vulkane von St. Vincent aufgestiegene Rauchsäule verschwand, wurden die 60 geogr. Meilen davon entfernten Städte Riobamba, Hambato und Takunga durch einen heftigen Stoß zerstört; und 1810 endete das Zittern der Erde in Venezuela, wodurch Caraccas eingestürzt wurde, mit dem sogleich folgenden großen Ausbruch desselben Vulkans [6]). Auf Island haben sich die geschmolzenen Massen allmählich auf allen Punkten der Insel Auswege gesucht. Im Jänner 1783 fand der Ausbruch im Meere 8 Meilen vom Cap Reykianas Statt: mehre Inseln erhoben sich aus der Tiefe, das Meer bedeckte sich mit Bimsstein und Schlacken; im Juni

---

[1]) Jahrb. *1836*, 712. — [2]) Jahrb. *1835*, 39; Bisch. Erd 274.
[3]) Wärmelehre — [4]) Ferrara, in Lyell's *Principl.* I, 367.
[5]) Kanarische Inseln, 313. — [6]) v. Humbold's Reise, I, 498.

bebte die ganze Insel, der Ausbruch im Meere hörte auf und 50 Meilen davon entstund die große Eruption von Skaptár Jokul u. s. w.

M. Ein solches Aufquellen flüssigen Gesteines ist nicht möglich, ohne daß sich seine Wärme den benachbarten schon starren Schichten vorzugsweise mittheile. Dieß und der mechanische Druck von unten und neben und die darauf folgende Abkühlung werden dann die Veranlassung zur Bildung einer Menge örtlicher **Zerklüftungen** und **Absonderungen**, welche herrühren können von ungleicher Ausdehnung der starren Gesteine durch die Wärme, ungleicher Zusammenziehung während der Abkühlung, Zusammenziehung derselben durch Austrocknen durch die Wärme, mechanischer Zusammenziehung des erstarrenden Gesteines selbst, krystallinischer Tendenz desselben.

Hier sind insbesondere die regelmäßigeren säulenförmigen Zerklüftungen bei voranschreitender Abkühlung zu beachten. Die Säulen stehen rechtwinkelig zur abkühlenden Fläche (daher queer in breiten Gängen). Man findet sie von 1″—9′ Dicke, 1″—400′ lang, gerade oder gebogen, 3—12seitig, bei eruptiven Augit- und Hornblende-Gesteinen, Klingstein, Trachyt und Porphyr selbst, wie bei durchbrochenen plutonischen und neptunischen Gesteinen, als Granit, Gneiß, Basalt-Breccie, Sandsteine, plastischem Thon, Süßwasserkalk, Braunkohlen, auch Graphit [1]). Sie theilen sich oft in Glieder und bei weiterer Zersetzung in Kugeln. Bei Feldstein-Porphyr fand ich diese aus konzentrischen Papier-dünnen Blättern gebildet [2]), welche stellenweise getrennt sind. Bischof erhielt durch Schmelzen von Basalt in einer Thon-Form steinartige Basalt-Kugeln in glasigem und blasigem Basalt-Teig [3]).

§. 96. Äußere Formen der übergestiegenen Massen.

A. Indem wir hinsichtlich der verschiedenen Arten übersteigender Massen fürerst noch auf den §. 100 verweisen, können wir uns hauptsächlich zwei Arten der Emporhebung denken: entweder ein ruhiges Emporquellen der flüssigen Gesteins-Masse auf sich selbst, oder ein Emporgeschleudertwerden derselben durch rasche und gewaltsame Ausströmung sich expandirender Gase und Dämpfe. So wird es auch in der Natur bestätigt.

B. Bei ruhigem Überquellen wird die eine ebene Oberfläche

---

[1]) v. Leonhard's Basalte, II, 250 und Orykt., 674.

[2]) „Gäa Heidelbergensis", 76 — [3]) Wärmelehre, 448.

erreichende Masse um so mehr Platten-artig in die Breite auseinander fließen, je dünnflüssiger sie ist, und um so mehr **Kegel**-artig an Dicke zunehmen, je zäher sie schon vor dem Austritte war. Entweichen vor dem Erstarren beträchtliche Gas- und Dampf-Mengen aus ihr, so wird sie an den Entwickelungs-Stellen wieder **Kessel**-förmige Einsenkungen erhalten. Erstarrt die Rinde schon, während noch neue Gesteins-Flüssigkeit nachdringt, so werden die starren Krusten in Schaalen zertrümmert und nach außen zurückgeschoben ein rauhes und unebenes Äußeres bilden. Ist aber die Oberfläche der Erde da, wo die flüssige Gestein-Masse hervordringt, abhängig, so wird sich diese bei genügender Dünnflüssigkeit in **Strömen** ergießen. Erfolgt das Überquellen in Strömen periodisch aus derselben Öffnung, so werden diese in einem örtlichen Durchschnitte eine **falsche Schichtung** darstellen.

a. In den Graniten der Pyrenäen in 1400m—1500m Seehöhe trifft man viele, öfters zu Thälern an einander gereihete Becken-artigen Vertiefungen, welche zum Theil Süßwasser-See'n enthalten und Reboul'n alte Ausbruch-Öffnungen [wovon?] zu seyn scheinen. So das Becken von Seculège im Oo-Thale; jene auf den Granit-Bergen von Neige-vieille bei Barège und in der Gegend von Cauterêts u. s. w. Bei dem kurzen Laufe der in diese Becken einmündenden Bäche vermögen sie solche nur sehr langsam auszufüllen und lassen sie daher länger als anderwärts unterscheiden [1]). Kesselförmige Thäler, Becken nachher durchgebrochener See'n sind im Granit, Gneiß- und Glimmerschiefer-Gebirge der Salzburger Alpen nach Russegger häufig [2]). Die zahlreichen See'n Skandinaviens sind fast alle in's Urgebirge eingesenkt. — Ein anderer als der angedeutete Ursprung dürfte sich für diese Becken nicht angeben lassen. Ob jener Granit, Gneiß u. s. w. nun primitiver oder ein späterer sey, ist in der Sache völlig gleichgültig.

b. Bei Assuan, in der Wüste gegen das rothe Meer fand Russegger ein Sandstein-Plateau von ungefähr 4 Quadrat-Meilen Ausdehnung, woraus zahllose kleine Granit-Kegel aufgestiegen sind, in deren Nähe der Sandstein überall geschmolzen ist. In den Granit-Bergen findet man Becken-artige Vertiefungen, ihre Wände verbrochen, mit den ungeheuersten [? Granit-] Blöcken ausgefüllt, mit tiefen Spalten, — nie Kratere [3]).

c. In Strömen ergossen findet man

Granit nach v. Humboldt in Asien,

Feldstein-Porphyr (devon'schen) nach Lyell in Schottland [4]),

Serpentin nach B. Studer in Davos,

---

[1]) Reboul, *Géologie primitive*, 252—263 und Jahrb. *1836*, 439.

[2]) Jahrb. *1835*, 209. — [3]) Jahrb. *1837*, 667.

[4]) *Elements*, 483.

Trachyt nach Fr. Hoffmann auf Stromboli[1]),
" " Erman auf Kamtschatka, mit Krateren [2]),
Dolerit " Krug auf Island aus Spalten [3]),
Basalt häufig [4]),
Lava immer.

d. Die erstarrenden Gesteins-Ströme, unter deren schon unbeweglicher Rinde der Strom noch oft einige Zeit fortfließt, bilden auf ihrer Oberfläche kleine Erhöhungen mit Öffnungen, durch welche die mit der Abkühlung fortwährend sich entbindenden Dämpfe von Wasser, salzsaurem Natron, salzsaurem Kali, Schwefel, Kohlensäure u. s. w. entweichen (**Fumarolen**). Stellenweise reißt auch die Rinde auf. — Am Ätna sieht die Oberfläche eines 1819 ergossenen Lava-Stromes aus wie übereinander liegende Fels-Blöcke, weil nachströmende Masse die schon erstarrte Kruste der vorangeflossenen beständig zertrümmerte und übereinander stürzte [5]).

C. Haben lange oder zusammengesetzte Spalten der Erd-Rinde, wie sie zur Hebung ganzer Gebirgs-Ketten nöthig sind, sich bis auf einzelne Stellen wieder geschlossen und verstopft, während die Gas-Entwickelungen aus dem Innern noch fortwähren, so werden solche aus diesen eng umschriebenen Öffnungen hervordringen mit einer ungeheuren und oft genügenden Heftigkeit, um eine Menge andrer, insbesondere steinartige Materien in theils schon starrer, theils tropfbar flüssiger, theils Dampf-artiger Form mit sich empor zu führen, wovon die zwei letzten, sobald sie in der Atmosphäre stärkerer Abkühlung ausgesetzt werden, je nach ihrer Art ebenfalls sich verdichten und wovon insbesondere die letzten zu viel feineren Theilchen erstarren, als die ersten. Die gröbsten und schwersten werden zuerst wieder niederfallen, die feinsten und leichtesten am weitesten fortgetragen werden. So entstehen die sog. **vulkanischen Bomben**, die **Lapilli**, der **vulkanische Sand** und die **Asche**. Da die Auswurf-Richtung vertikal ist, so werden die ausgeschleuderten Stoffe auch um so häufiger und näher an der Öffnung wieder zurückfallen, je größer und schwerer sie sind, ja manche in dieselbe Öffnung gerathen, um auf's Neue ausgeworfen zu werden. Es muß sich daher über der Öffnung ein Kegel aus solchen losen Materialen anhäufen, welcher nach außen nächst der Spitze bis 30°—40° Fall haben kann, dessen Fuß aber mit seiner Entfernung vom

---

[1]) Jahrb. *1834*, 68. — [2]) Jahrb. *1833*, 359, 360.
[3]) Jahrb. *1836*, 396.
[4]) Ausführlich in v. Leonhard's Basalten, **I**, 391—418.
[5]) Lyell's *Principles*, I, 368.

Mittelpunkt allmählich in die Ebene übergeht. Einen ähnlichen Abfall müssen diese losen Materialien auch gegen die Auswurf-Öffnung hinein haben und in der Mitte des Kegels also eine trichterförmige Vertiefung (**Krater**) bilden. Diese **Auswurf-Kegel,** deren Elemente von Traß-artiger Beschaffenheit sind oder theilweise aus Traß bestehen, backen leicht fester zusammen, wenn sie von Wasser allmählich durchnäßt werden.

a. Die ausströmende Luft zersprengt auf's Neue die Erd-Rinde, reißt scharfkantige Gestein- (Trachyt-) Blöcke los, schleudert sie empor und häuft sie um die Öffnung an; sinkt dann die geborstene und zertrümmerte Rinde auch in die darunter entstandenen Höhlen wieder an, so haben die unordentlich übereinanderliegenden Blöcke jetzt nicht mehr Raum darin und bilden lose Block-Kegel (**Auswurf-Kegel**), oft von Einsenkungen des Bodens umgeben. Das ist nach Boussingault die Geschichte des Chimborasso, des Cotopaxi, des Antisana, des Tunguragua u. a. auf den Höhen der Anden stehenden Trachyt-Berge, welche nie Ströme feurig-flüssigen Gesteins ergossen haben. Es sind **Auswurf-Kratere** und da sie die Erd-Rinde vor dem Ausbruche zuerst heben mußten, zugleich **Hebungs-Kratere** [1]). Manche von ihnen haben nach der Versicherung der Einwohner allmählich zu rauchen aufgehört.

b. Kleine Massen schon zähflüssigen Gesteines durch die Luft geschleudert nehmen die Kugel-Form an, und verschlacken durch rasche Abkühlung: **Bomben.**

c. Die **Lapilli** oder **Rapilli** sind Haselnuß- bis Ei-große Auswürfe oft blasiger Lava von manchfaltiger Farbe. Sie haben nicht die abgerundete abgeschlossene Form der vorigen, scheinen auch mehr zerbrochen als zerrieben zu seyn.

Vulkanischer Sand besteht aus noch feineren Theilen derselben Art.

d. Die **vulkanische Asche** mag durch unvollkommene Krystallisation aus flüssig emporgetriebenem Gesteins-Teige, wie Dufrenoy anzunehmen geneigt ist, vielleicht aber auch durch Erstarrung aus Gesteins-Dämpfen sich gebildet haben und es so erklärbar seyn, wie sie eine Feinheit annehmen könne, daß die Atmosphäre sie auf viele hundert Stunden Ferne fortzutragen im Stande ist.

D. Wechseln mit diesen Auswürfen loser Materialien, welche noch mit Aufblähungen des Bodens unter dem Kegel verbunden seyn können, Ergießungen von Lava ab, so werden diese, wenn die Krater-Wandungen dem Drucke der im Krater stehenden Lava-Säule nicht hinreichenden Widerstand entgegensetzen können, den Fuß oder die Seiten des Kegels durchbrechen; oder sie werden in vertikale Spalten eindringen, die sich mit der ersten Abkühlung des

[1]) Jahrb. *1836*, 74, 402, 712.

Kegels in und durch dessen Wände gebildet hatten, und durch ihr Erstarren **Lava-Gänge** darstellen; oder endlich sie werden sich über die jedes Mal niederste Stelle des Krater-Randes selbst und an dessen äußerem Abhange herab ergießen mit einer Schnelligkeit, welche mit der Steilheit des Abhanges und ihrer inneren Temperatur abnimmt. Mehre so übereinander ergossene Ströme bilden dann eine **falsche Schichtung**, die sich aber von der ächten der Erhebungs-Krater u. s. w. dadurch unterscheidet, daß die Schichten keine ringsum zusammenhängenden Bestandtheile des Kegels ausmachen.

§. 97. **Vulkane** insbesondere [1]).

A. Obschon sich aus dieser und der späteren Zerlegung der Wirkungen plutonischer Kräfte eine große Menge der Erscheinungen, welche man bei noch thätigen Vulkanen wahrnimmt, leicht erklären, so bleibt doch Manches besonders bei den Lava-ergießenden Vulkanen noch dunkel und können wir über die hebende Kraft nur Vermuthungen aufstellen. Aus diesem Grunde und wegen der sonstigen Abgeschlossenheit der vulkanischen Erscheinungen (die man bald den plutonischen im weiten Sinne unterordnet, wie wir gewöhnlich thun, bald denselben in engerem Sinne genommen entgegensetzt) müssen wir sie auch mehr in ihrem Zusammenhange betrachten.

B. Die Vulkane, einzeln genommen, sind punktförmige Ausbruch-Stellen der Erd-Rinde (**Kratere**), im Gegensatze der spaltförmigen, von welchen bis jetzt hauptsächlich die Rede war, und längs deren wir dann auch ganze Flächen, Felder sich aufrichten oder heben sahen. — Nun ist aber ein bloß punktförmiger Andrang der flüssigen Erd-Masse gegen die Rinde nicht denkbar, sondern nur Flächen-artige, deren Folge die Bildung von Ausbruchs-Spalten ist. Auch würde die Hebung der auf einen einzelnen Punkt von innen nach außen wirkenden Kraft gegen die Oberfläche radial sich ausbreiten, und so doch eine größere, mit der Dicke der Erd-Rinde im Verhältniß stehende Fläche treffen. Vulkane sind daher entweder die einzelnen über einfachen oder sich verästelnden und durchkreuzenden Hebungs-Spalten offengebliebenen Rauchfänge für das Innere der Erde, oder sie können mit diesem gar nicht in Verbindung stehen

[1]) S. v. Leonhard's Geogn. u. Geol.; S. 658—736 schildert die Verhältnisse der Vulkane in größerer Ausführlichkeit, worauf wir hier verweisen müssen.

und müssen einen oberflächlichen Herd haben, mag dieser auch auf ehemalige Hebungs-Spalten beschränkt seyn. Damit stimmt denn auch ihre Erscheinung selbst, so wie ihre Vertheilung in Reihen oder Gruppen (**Reihen-**, oder **Zentral-Vulkane** v. Buch's) ganz wohl überein.

Die größten Muster der ersten sind die Vulkanen-Reihe auf der Höhe der Anden; jene, welche durch Sumatra, Java, Flores, Mindanao, Luzon, Formosa, Japan, die Kurilen, Kamtschatka und die Aleuten geht und einen Zweig nach Neu-Seeland sendet (vgl. beide auf unserer Tf. II). Man kann sie übrigens wieder in untergeordnete Reihen sondern (v. Buch). Sehr bemerkenswerth ist, daß die thätigsten Vulkane im Innern Asiens auf der Fortsetzung des nämlichen Meridians liegen, worauf die der Anden sich befinden. In Europa sind die Griechischen Inseln Reihen-Vulkane [1]). — Beispiele der andern sind die Liparischen Inseln oder, wenn man sie als Theile eines größeren Ganzen betrachtet, diese in Verbindung mit dem Vesuv und Ätna [2]); dann Island, die Azoren, die Canarischen, die Capverdischen Inseln, die Gallopagos, die Sandwichs-, die Marquesas-, die Societäts-, die Freundschafts-Inseln, Bourbon u. s. w.

Übrigens zeigen wenigstens heutiges Tages nicht mehr alle Vulkane einer Reihe eine Beziehung zwischen ihrer periodischen Thätigkeit. So theilt Darwin die Vulkane der Andes-Reihe in folgende Gruppen: die südlichste vom Yntales an 800 [Engl.?] geogr. Meilen weit bis nach Zentral-Chili reichend; die zweite auf der über 600 Meilen langen Linie von Arequipa bis Patas; der dritte von 300 Meilen Länge von Riobamba bis Popayan; endlich drei nördliche in Guatimala, Mexico und Californien, deren jede einige Hundert Meilen von der nächsten entfernt ist. Daß die Vulkane einer dieser Gruppen mit einander in unterirdischer Verbindung stehen, scheint sich aus den bisherigen Beobachtungen zu ergeben; daß aber die verschiedenen Gruppen wieder mit einander Verbindung haben, scheint zweifelhaft [3]).

C. Jene Kratere unterscheiden sich in solche

1) wo die älteren Erdschichten nur gewölbt und die obersten in der Mitte der Wölbung in der Weise von einander entfernt worden sind, daß sie nur einen trichterförmigen Kessel (**Erhebungs-Krater**) oder nach Wiederausfüllung seines tiefsten Theiles ein rundes Thal (**Ring-Thal, Erhebungs-Thal,** Hoffm.) bilden, um welches die Mauer-förmigen Ausgehenden der zerrissenen Schichten übereinander liegen, während die Schichten

[1]) Eine vollständigere Aufzählung ist bereits an dem eben genannten Orte, S. 713—715 mitgetheilt.

[2]) Carus, Jahrb. *1832*, 105. — [3]) Jahrb. *1839*, 227 ff.

selbst auf allen Seiten von demselben als von einem Hebungs-Mittelpunkt wegfallen, aber durch ausstrahlende Spalten (**Zerreißungs-Thäler**, **vallées de déchirement** Dufrenoy's, **d'écartement** Virlet's [1]) wieder in einzelne Massen und Berge gesondert werden. In solchen Fällen kommt die hebende Flüssigkeit gar nicht bis an die Oberfläche, oder die Erhebungs-Kratere sind nicht vollendete Ausbrüche [2]; allein der Zusammenhang dieser Ring-Thäler mit plutonischen Kräften verräth sich oft noch fortwährend durch Entwickelung kohlensaurer Quellen u. s. w.

Die Ring-Thäler sind häufig im Jura (in den Pyrenäen bildet der Kreide-Zirkus von Gavarnie ein merkwürdiges Beispiel [3]), dann in den Flötzgebirgen Westphalens, wo das Pyrmonter und Driburger-Ringthal mit ihren Sauerquellen gute Muster sind [4]. So in den Turiner Alpen, wo in der Nähe die Gesteine umgewandelt sind, nach Sismonda [5]; im Liaskalk-Gebiet von Pisa, wo derselbe Fall, Klöden [6]. Im Granit und Schiefer-Gebirge von Naxos beschreibt Russegger einen interessanten Fall [7].

Vgl. den ausführlichen Vortrag L. v. Buch's über Erhebungs-Krateren in „Beschreibung der Kanar. Inseln [8], in Poggendorff's Annal. d. Physik [9]).

2) wo die Ausbruch-Flüssigkeit durch die Mitte des Erhebungs-Kegels wirklich hervorgedrungen und in Form eines vielleicht hohlen Gewölbes, Domes oder Berges mitten im Ring-Thale erstarrt ist.

Zu den Beispielen dieser Art gehöret

die Beschtau-Gruppe, wo der trachytporphyrische Beschtau in der Mitte von neun anderen, ihre Ausgehenden ihm zukehrenden, aber nach außen allmählich abfallenden neptunischen Bergen sich erhebt [10].

3) wo fortdauernde Gas-Entwickelungen aus der Tiefe oder aus der gehobenen Masse selbst das Gewölbe des Domes wieder gesprengt und einen Theil seiner Trümmer emporgeschleudert und über der Öffnung aufgehäuft haben oder dieß fortwährend noch thun, während der übrige Theil in der Mitte des Gewölbes oder das ganze Gewölbe mit diesen Trümmern allmählich in die Höhle des Domes zurücksinkt (**Einsenkungs-Kratere**). Die Trachyt- oder Domit-Vulkane der Kordilleren nach Boussingault (§. **96**, **C** a). Sie sind vielleicht nichts anderes, als Erzeugnisse der Dampf- und

---

[1]) Virlet, Jahrb. *1835*, 545 — [2]) Dumont, Jahrb. *1837*, 61.
[3]) Dufren., Jahrb. *1835*, 547. — [4]) Fr. Hoffm., Jahrb. *1833*, 507.
[5]) Jahrb. *1841*, 511. — [6]) Jahrb. *1841*, 332. — [7]) Jahrb. *1840*, 199.
[8]) Berlin 1825, 4°. S. 203—407. — [9]) XXXVII, 169 ff.
[10]) Dubois, Jahrb. *1838*, 348.

Gas-Entbindung aus der sich langsam abkühlenden und im Innern noch flüssigen Gestein-Masse, welche ziemlich spät in der geologischen Zeit die **Andes**-Kette gehoben hat, und durch Höhlen miteinander aber nicht mehr durch solche mit dem flüssigen Erd-Kern verbunden? Die ausgestoßenen Schwefel-Dämpfe u. dgl. entzünden sich manchmal an der Krater-Mündung (**brennende Vulkane**).

4) solche, die wirkliche Lava-Ströme ergießen und Schlacken und Asche auswerfen; — welchen ein Erhebungs-Krater daher oft zu Grunde liegen mag, welche sich aber darüber durch ausgeworfene und ausgegossene Stoffe um dessen Öffnung einen **Ausbruch-Krater** erbaut haben (§. 96, D). Von diesen allein soll hier weiter die Rede seyn; sie sind die häufigsten und oft allein unter dem Namen der Vulkane begriffenen Erscheinungen oben bezeichneter Art.

D. Solche eigentliche **Vulkane** unterscheiden sich durch ihre Kegel-Form mit einer bestimmten Krater-Öffnung nächst der Spitze, aus welcher periodische Ausbrüche von Gasen und Flammen, Auswürfe von Blöcken, Rapilli und Asche und, soferne der Druck der innen bis zur Spitze aufsteigenden Säule flüssiger Gesteins-Masse auf die Seitenwände einen Durchbruch am Fuße des Kraters veranlaßt, Ergießungen flüssiger Lava-Ströme, zuweilen auch Wasser-Ergießungen erfolgen, welche die lose ausgeworfenen und auf das trockene Land gefallenen Rapilli und Asche fortschwemmen, sichten und schichtenweise als Tuffe absetzen, während die von der Höhe herabfließenden Laven-Ströme oft eine schlackige, blasige und Mandelstein-artige Beschaffenheit annehmen.

Nicht selten erheben sich auch die eigentlichen Vulkane aus der Mitte eines Ring-Thales, wie der Vesuv aus der Somma, der Pik von Teneriffa, der 4000′ hohe Krater von Palma, der von Groß-Canaria, Santorin (§. 94), der von Barren Island unter den Nicobarischen Inseln, welche L. v. Buch als Muster abbildet [1]), die Gruppe von Roccamonfina [2]), wenn gleich auch die Schichten, welche das Ringthal einfassen, selbst älteren vulkanischen Ursprungs seyen.

E. Man hat lange Zeit geglaubt, solche Vulkane ergießen nur Lava-Gestein; alle übrigen plutonischen Gesteins-Arten seyen daher andern Ursprungs. Nach neueren Entdeckungen in England aber scheint es Vulkane von der frühesten neptunischen Zeit an gegeben zu haben; ihre Ausbrüche wären aber untermeerisch gewesen,

[1]) Atlas zur physikal. Erdbeschreib. d. Canar. Inseln.
[2]) Pilla im Jahrb. *1841*, 162, mit Abbild.

das Meer hätte ihre Ausbruch-Kegel immer wieder zerstört, aber die Ströme von Grünstein und Basalt (statt der Laven) mit den sie begleitenden Schlacken, Mandelsteinen, Tuffen und Asche wären geblieben.

a. Lyell hält dafür, daß alle Grünsteine [?] aus untermeerischen und daher vom Meere später wieder weggeschwemmten Kratern ausgeflossen seyen, seitdem er nämlich in Schottland „Feldstein-Porphyre" und Mandelsteine aus der Zeit des Old red Sandstone in regelmäßigen Strömen begleitet fand von Thonstein, Klingstein, Grünstein-Tuff und Asche; seitdem Murchison in Shropshire, Radnor u. s. w. Syenite, Feldspath-Porphyre u. a. Trapp-Gesteine von Asche, Schlacke und Thonstein begleitet sah [1]), und seit ähnliche Erscheinungen sogar aus der Kambrischen Zeit bekannt geworden sind [2]).

b. Daraus daß in England die Trapp-Ausbrüche nicht in Berührung mit Lias und jüngeren Gesteinen, nur ein Dyke davon in New red Sandstone, aber viele Beweise vulkanischer Wirkung in der Kohlen-Formation, einige im Old red Sandstone und eine Menge Ausbrüche im unteren silurischen und kambrischen Systeme gefunden worden, folgert Murchison, daß vulkanische Kräfte in England ganz frühe am thätigsten waren, wogegen sie sich in Schottland nach der Oolith-Periode, in Irland nach der Kreide am meisten entwickelten [3]).

F. Alle diese Verhältnisse lassen sich theils aus den allgemeinen Vordersätzen entwickeln, theils wenigstens erklären, mit Ausnahme der hebenden Kraft der Vulkane ganz im Besonderen und nach allen Details der Erscheinungen genommen, über welche die Physiker und Geologen sich noch immer nicht vereinigen können, und die wir deßhalb hier unbestimmt lassen wollen, indem wir uns auf die Bemerkung beschränken, daß wir nach dem Vorhergehenden den Sitz des vulkanischen Heerdes nicht unmittelbar im flüssigen Kerne vermuthen, sondern annehmen müssen, daß glühende Dämpfe entweder aus jenem, oder aus in größeren Spalten der Erd-Rinde flüssig emporgestiegenen Gestein-Massen von Zeit zu Zeit durch die offen gehaltenen, doch engen Schlote — Fumarolen im Großen — ausgetrieben, unterwegs einen Theil der damit in Berührung kommenden schon starren Gesteine zertrümmern, erweichen und schmelzen, und so vor sich hertreiben. Die weit größere Schmelzbarkeit der nur aus Alkalihaltigen Mineralien bestehenden Laven und darunter wieder insbesondere die der schneller erkalteten, gegen granitische Gesteine genommen, macht es flüssigen Gesteins-Massen möglich, mitten in

[1]) *Silur. Syst.* 230, 272, 325. — [2]) *Elements* 483, 485.
[3]) *Silur. Syst.* 572, 77 u. a.

der schon erstarrten Erd-Rinde eingeschlossen zu bleiben, ohne sie zu schmelzen, oder durch ihre glühenden Dämpfe hier Gesteine zu schmelzen, wenn gleich sie dort bei noch weit geringerer Abkühlung dergleichen nicht anzugreifen vermogt (§. 43). Jedenfalls sind die Vulkane nicht die Ursachen, sondern in der Regel die Folgen der ausgedehnten Gebirgs-Hebungen.

a. Inzwischen können wir uns nicht versagen, statt aller übrigen wenigstens einige Theorie'n der Berechnung der hebenden Kraft der Vulkane beizufügen.

Fournet glaubt nach seinen Beobachtungen an geschmolzenem Silber (§. 48 b) die in den Vulkanen lebende Kraft in den Gasen zu finden, welche die noch feuerflüssige Erde unter dem mächtigen Druck einer ausgedehnteren Atmosphäre absorbirte, und von welchen bei'm Erstarren der Rinde die stärker gebundenen (Sauerstoff) mit den Metallen und Metalloiden verbunden blieben, während die weniger verwandten (Wasser-Dämpfe und Kohlensäure) sich erst im Verhältnisse des fortschreitenden Krystallisirens entbinden, entweichen und dabei die Krater-Bildungen, Lava-Ergüsse, Gas-Ausbrüche u. s. w. veranlassen [1].

b. Bischof sucht [2], auf die rein wässrige Beschaffenheit der heißen Dämpfe der meisten Vulkane sich stützend, die Expansiv-Kraft in Verdampfung von bis unter die starre Erd-Rinde eingedrungenem Wasser und insbesondere Meerwasser. Das Wasser sinkt in Röhren bis in die Tiefe des feurig-flüssigen Erd-Kernes hinab, verwandelt sich dort in Dampf, welcher unter dem Drucke des nachdringenden Wassers eine ungeheure Expansiv-Kraft erlangt. Er drückt daher auf die flüssige Erd-Masse und treibt solche in anderen (kommunizirenden) Röhren der Erd-Rinde aufwärts, würde aber, da die Lava dreimal so schwer als das Wasser ist, eine zusammenhängende Lava-Säule nur bis zu $\frac{1}{3}$ von der Dicke der Erd-Rinde emporheben können, wo ihr dann das Gewicht der kommunizirenden Wasser-Säule schon das Gegengewicht halten würde, vorausgesetzt, daß auf erstem Wege nicht ebenfalls eine solche Wasser-Säule von oben entgegen kommen könne. Da aber leicht entweder am Anfange derselben Röhre oder durch Neben-Kanäle auch Wasser-Dämpfe zwischen die Lava-Säulen eindringen und solche (wie Luft-Blasen die Quecksilber-Säule des Barometers) stellenweise unterbrechen können, so kann sich auf diese Weise das Gewicht der gehobenen Lava-Säule hinreichend vermindern, damit die Wasser-Säule sie heben kann. Aber die Hebung sogar einer zusammenhängenden Lava-Säule wäre möglich, wenn dem einmal unter die Erd-Rinde eingedrungenen Wasser der Rückweg versperrt würde.

Es fragt sich daher nur, ob und unter welchen Bedingnissen die Expansiv-Kraft des Wasser-Dampfes in der entsprechenden Tiefe der Erd-Rinde groß genug sey, um dem Drucke einer so ungeheuren Wasser-, und mithin einer drittel-so-hohen Lava-Säule entgegenzuwirken.

[1] Jahrb. *1835*, 593. — [2] Erdwärme, 268 ff.

Was den Druck der Wasser- und somit der Lava-Säule betrifft, so können wir dessen Zunahme einfach aus der Tiefen-Zunahme berechnen, wenn wir 28'' Quecksilber = 32' Wasser = 10',66 Lava = 1 Atmosphäre setzen. Was aber die Expansiv-Kraft der Wasser-Dämpfe anbelangt, so steigt solche unter jenem zunehmenden Drucke nicht in gleichem Verhältnisse mit der nach der Tiefe der Erde steigenden Wärme-Zunahme, sondern in einem schnelleren, aber nur so lange bis die Dämpfe unter jenem Drucke bis zur möglichen Dichte, nämlich der Dichte des Wassers selbst, komprimirt werden. Diese Expansiv-Kraft des Dampfes wird in Pariser Zollen einer Quecksilber-Säule am genauesten nach der Mayer'schen Formel berechnet, welche heißt

$$\log. E = 2{,}8316686 + \log. (213 + t) - \frac{847{,}3}{140 + t}$$

wo t die Temperatur nach Reaumur bezeichnet. Darnach kann man folgende kleine Tabelle zusammenstellen, wenn man 1° R. Wärme-Zunahme auf je 115' Par. Tiefe der Erde annimmt (was unbedeutend von der Annahme in §. 47 abweicht), den Druck aller Flüssigkeiten nach angegebenem Verhältniß sogleich auf Wasser und Lava reduzirt, und wenn E die Expansiv-Kraft, H den hydrostatischen Gegendruck bezeichnet.

	Temp. Reaum.	Erd-Tiefe in Fußen.	Wasser-Säule in Fußen.		Lava-Säule in Fußen.	
			H	E	H	E
Punkt, wo E=H . .	765°6	88.044	88.044	88.044	29.348	29.348
Schmelzpunkt der Lava.	1.000°	115.000	115.000	169.920	38.333	56.640
Größte Dichte des Dampfes	1.224°	141.760	141.760	266.240	47.255	88.747

Woraus dann folgt, daß der Dampf unter mehr als 88.000' Tiefe den Druck der nachdringenden Wasser-Säule weit überwinden und sie selbst zurücktreiben würde, so daß sie der kommunizirenden Röhre des Basaltes in keinerlei Weise als Gegengewicht dienen könnte; daß er jedoch in weniger als 88.000' Tiefe von der Wassersäule komprimirt werden und so auf die Lava-Säule zurückwirken könne; während genau in jener Tiefe ein geringes Auf- und Abwogen der Temperatur bald die Wasser- und bald die Lava-Säule emporzudrücken und im ersten Falle Wasser und Dampf aus den Zufluß-Röhren auszustoßen vermögte. Bischof nimmt aber weiter in Rücksicht, daß diese Zufluß-Röhren sehr enge seyn und dann der Wirkung durch den Schlot des Vulkanes nicht mehr Abtrag thun könnten, als das offene Zündloch der Kanone der Wirkung des Schusses, auch wenn die Tiefe nun viel beträchtlicher wäre, als 88.000', und erinnert an Perkin's Beobachtung, wonach Dämpfe (und Wasser!) durch glühende enge Öffnungen überhaupt nicht hindurchgepreßt werden können. Allerdings muß man entweder diese Verhältnisse für jene Theorie zu Hülfe nehmen, oder den periodischen Andrang der flüssigen Erd-Masse gegen die kommunizirenden

Röhren bis zur bezeichneten Höhe von andern Ursachen ableiten, weil der Schmelzpunkt der Lava tiefer liegt. Wegen der weiteren Entwickelung dieser scharfsinnig durchgeführten Theorie müssen wir auf Bischof's Original-Schrift [1]) verweisen.

c. Herschel's Ansicht wenigstens über eine mögliche Ursache anderer Art für vulkanische Bewegungen ist §. 93 F in ihrer Grundlage angedeutet.

d. H. Davy's Hypothese ist ebenfalls schon angedeutet worden; sie steht indessen nicht im Einklang mit den gegenwärtigen Entwickelungen (vgl. S. 72 Anm.).

e. Gay Lussac's Theorie, welche die Erhitzung von Chlor-Metallen im Innern der Erde herleitet [2]).

G. Welch' mächtiger Hebel von weiteren sekundären Bewegungen und Veränderungen der Erd-Oberfläche die Vulkane seyen, erkennt man aus der Zahl, Verbreitung und Wirkung der bekannten Vulkane. Arago hat schon vor längerer Zeit [3]) 163 noch thätige Vulkane allein aufgezählt, welche sich auf folgende Weise vertheilen:

	Europa.	Afrika.	Amerika.	Asien.	Oceanien.	Zusammen.
Vulkane	1	0	58	8	0	67
Inseln	11	6	3	24	52	96
im Ganzen	12	6	61	32	52	163.

Die wichtigsten davon findet man auch aufgezählt und beschrieben in Muncke's Physik [4]). In den Anden ist von 46° — 27° S. Br. kaum ein 1° breiter Strich ohne thätigen Vulkan, und man kennt deren über 20. So auch weiter nördlich.

Was ihre Ausbrüche betrifft, so haben z. B. der Vesuv seit 1800 Jahren 36, der Ätna 43, der Hekla seit 825 Jahren 23 vollkommene Ausbrüche gehabt. Die geologischen Wirkungen derselben bestehen in der Modifikation der Erd-Oberfläche durch ihr eigenes Aufbrechen in Form von Kegeln, welche oft wieder von kleineren Kegeln für Rauch-, Schlamm-, oder einmalige Lava-Ausbrüche umgeben sind; durch die radiale Ergießung ihrer Lava-Ströme, welche zu mehren übereinander liegend eine falsche Schichtung, nebeneinander verlaufend oft zwischen ihnen gelegene Thal-Tiefen

---

[1]) Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers, Leipzig 1837.

[2]) In *Ann. chim. phys.* XXII, 415. Dagegen Berzelius im IV Jahres-Bericht 258—262.

[3]) *Ann. of philos. 1824*, 213. — [4]) II, 208—222.

bilden; durch die Aufschüttungen von Lapilli, Sand, Asche und Tuffen in Folge von Ausschleuderungen oder Schlamm-Ergüssen und wovon die Asche oft sehr weit fortgetragen wird; durch die Ergießungen von Wasser-Strömen aus ihrem Innern und durch plötzliches Schmelzen des Schnee's an hohen Gipfeln von außen; durch die Erhitzung der Quellen, ihre Verbindung mit Gasen und ihre Befähigung, die durchrieselten Gesteine aufzulösen und anderweitig abzusetzen; durch die Bildung von Naphtha-Quellen, Aushauchung schädlicher Gas-Arten, die zum Theil ihren besonderen Herd in der Nähe der Vulkane haben (**Solfataren**); durch Gewitter, Sturm, Winde und Wolkenbrüche; die Lava-Ströme versperren bald Flüssen ihren Weg und dämmen sie zurück oder leiten sie ab, bald drängen sie das Meer zurück u. s. w. Die bedeutendsten Wirkungen aber sind die **Erd-Erschütterungen**, welche von den Vulkanen ausgehen und fast immer ihre Ausbrüche begleiten, seyen sie nun veranlaßt durch den endlichen gewaltsamen Durchbruch hoch gespannter Gase durch die ihnen entgegenstehenden Fels-Massen, deren Schichten vielleicht stellenweise gehoben waren und nach Bildung einer Öffnung plötzlich zurückfielen, — oder durch das Einstürzen unterirdischer Gewölbe, welches dann eben die plötzlichere Austreibung der Gase bewirken würde, oder durch die Reibung der durch die Erhitzung und Spannung aneinander geschobenen Fels-Schichten u. s. w. Von den ungeheuren sekundären Wirkungen der Erdbeben, bei welchen sich der Boden wellenartig zu heben und zu senken pflegt, wird, da sie gewiß oft auch von anderweitiger urplutonischer Thätigkeit (§. **93 A**), oder von neptunischen Ursachen (§. **93 F**) herrühren, in einem selbstständigen Paragraphen (§. 98) die Rede seyn.

Einige Beispiele mögen die Wichtigkeit dieser Verhältnisse besser erläutern, die wir hauptsächlich aus Lyell's *Principles* entlehnen:

In Japan entstund 285 J. v. Chr. durch eine unermeßliche Einsenkung der große See Mitsou-Oumi in der Provinz Omi, während gleichzeitig der erhabenste Berg Japans, der Fousi-no-yama in der Provinz Sourouga aus dem Erd-Innern emporstieg. 82 J. v. Chr. erhob sich aus jenem See die noch bestehende Insel Tsikou-bo-sima[1].

Der 10.874′ hohe Ätna trägt einen 87 Engl. Meilen im Umfang haltenden Kegel aus ausgeworfenen Stoffen; der Umfang des von Lava überströmten Distriktes ist doppelt so groß. Der Kegel, 1100′ hoch, erhebt sich mit mehr als 80 kleineren, doch ebenfalls bis 700′ hohen Kegeln, ohne

[1]) Klaproth, Jahrb. *1833*, 338.

die Aschen-Hügel zu rechnen, auf einer Art Hochebene. — Im Juni 1759 erhoben sich auf dem Basalt-Plateau von Malpais in Mexiko sechs vulkanische Kegel auf einem NNO. ziehenden Spalte des Bodens, von welchen der Jorullo in der Mitte 1600′, der letzte aber noch 300′ hoch über die Ebene anstiegen, und welche große Massen basaltischer Lava voll Urgebirgs-Trümmer ergossen bis in den Februar 1760. — Bei Kamtschatka erhob sich 1814 eine neue Insel von 3000′ Höhe und 4 Engl. Meilen Umfang.

Lava-Ströme: Der Strom des Ätna von 1669 überdeckte 14 Städte und Dörfer bis an die Wälle von Catania, die er ebenfalls erstieg, 60′ hoch. Nach einem Wege von etwa 16 Engl. Meilen erreichte er, 600 Ellen breit und 40′ hoch, das Meer [1]). Aber der von 1766 umgab mit 2 Armen einen 50′ hohen Hügel, schmolz mit ihm zusammen und flößte ihn fort (Recupero). — Auf Island brach 1783 am 11. Juni der Skaptár Jokul aus, dessen Lava das Bett des Skaptá 400′—600′ tief und 200′ breit nebst einem damit verbundenen See erfüllte und weiterhin eine ältere Lava voll Höhlen schmelzte. Am folgenden Tag ergoß sich ein zweiter Strom über den ersten und veranlaßte durch Abdämmung der Nebenflüsse des Skaptá furchtbare Überschwemmungen. Am 3. August bewegte sich eine neue Laven-Fluth nach dem Bette des Hverfisfliot, indem sie sich in 2 Arme von 50 und 40 Engl. Meilen Länge, 20 und 7 Meilen Breite, 100′ und 600′ Höhe trennte, ähnliche neue Überschwemmungen veranlaßte und sich endlich als ein 12—15 Meilen breites und 100′ tiefes Gluth-Meer über die Ebene ausbreitete. Die vulkanischen Bewegungen verloren sich erst nach 2 Jahren, während welcher 20 Dörfer durch Lava zerstört und viele andere unter Wasser gesetzt wurden.

Schlamm-Ströme. Aus dem Tunguragua in Quito ergoß sich 1797 ein Schlamm-Strom, welcher 1000′ weite Thäler 600′ hoch ausfüllte, Flüsse abdämmte, See'n bildete u. s. w.

Schnee-Schmelzen. Die Lava-Ströme, welche am 2. März 1755 sich von der Spitze des Ätna herab ergossen, schmelzten den Schnee des Gipfels und machten auch ihn in Strömen fließen, welche eine 8 Engl. Meilen weite Überschwemmung und Überschüttung der Niederung mit Schlacken veranlaßte.

Schlacken- und Aschen-Auswürfe. Der erste bekannte Auswurf des Vesuvs, 79 J. u. Chr., verschüttete die zwei Städte Herculanum und Pompeji unter Rapilli und Asche. Diese fiel zu Pompeji damals 14′ dick und darüber; Herkulanum ist durch 6 auf einander folgende Eruptionen 70′—112′ tief verschüttet worden. Im J. 1822 lag die Aschen- und Rapilli-Decke am Kegel des Vesuvs 5′ hoch; bis Torre dell' Annunziata war sie allmählich bis auf 10″ gemindert. Wie weit aber die Asche vom Winde umhergetragen werden könne, haben wir schon in einem früheren §. angegeben.

---

[1]) Ferrara, *descr. dell' Etna*, 108.

Spalten. Bei dem Ausbruche des Ätna 1669 öffnete sich in der Ebene von S. Lio eine 12 Engl. Meilen lange und 6' breite Spalte von unbekannter Tiefe, und darauf noch 5 andere parallel zu ihr. Doch diese Erscheinungen sind wieder Folgen der von den Vulkanen verursachten Erdbeben.

Schädliche Gase. Längst bekannt ist der Averno-See bei Neapel, offenbar ein ehemaliger Krater, wegen der tödtlichen Gase (Kohlensäure), welche er aushaucht. Auf Lancerote unter den Kanarischen Inseln starb während des Ausbruchs 1730 am 18. Okt. alles Rindvieh, erstickt durch stinkende Dünste, welche tropfenweise zu Boden fielen [1]); und eben so wurden 1797 ganze Kuh-Heerden an den Ufern des **Quiloda**-See's in Quito durch die Dämpfe erstickt, welche dem Boden entströmten.

H. Da wo Vulkane erlöschen, was zuweilen schon nach dem ersten, öfters erst nach Hunderten von Ausbrüchen geschehen mag, bleiben noch heiße Quellen, Schwefel-Quellen, kohlensaure Quellen und Ausströmungen von freiem Kohlensäure-Gas u. s. w. zurück, die sich nur im Verlauf von Jahrhunderten allmählich abkühlen und verlieren, wie wir schon Beispiels-weise (§. 95 L) angeführt haben. Diese Merkmale verrathen daher manchmal einer viel späteren Zeit die Erscheinungen, welche vordem da stattgefunden.

Über die Erscheinungen der einzelnen Vulkane vergl. Muncke's Physik [2]) u. v. a.

§. 98. **Erdbeben** [3]). Die durch ausbrechende Gesteine und Gase bewirkten manchfaltigen Hebungen und Senkungen, Sprengungen, Einstürze, Ausdehnungen und Zusammenziehungen und die damit in größtem Maßstabe verbundene Reibung der niedergleitenden Masse ist nicht möglich ohne gewaltsame Erschütterungen, welche endlich eintreten und um so heftiger werden müssen, je längere Zeit die Festigkeit des Gesteins; seine Schwere, seine Reibung der vordringenden Kraft widerstanden und sie gespannt haben. Dieß sind die Erdbeben, welche wir bald ohne, bald mit vulkanischen Ausbrüchen oder sonstigen Bewegungen empfinden.

a. Von den theilweisen Einsenkungen gegen die inneren Höhlen und der damit verbundenen Reibung und Erschütterungen leitet Boussingault

[1]) L. v. Buch, Kanar. Inseln, 308.

[2]) II, 370—404; Lyell, *Principl.* 312—398 (Kap. XVIII—XX). Dann das Jahrb. f. Mineral. *1834*, 67: Fr. Hoffmann, über die Liparischen Inseln; — *1833*, 337, Vulkane in Japan; — *1838*, 562; der Cosiguina in Mittel-Amerika; — *1833*, 349 der Ätna; — *1833*, 657 im Neuwieder Becken.

[3]) v. Leonhard's Geologie und Geognosie, S. 725—728.

die Erdbeben Amerika's ab, unter welchen gerade die ausgedehntesten und verheerendsten nicht mit Vulkan-Ausbrüchen zusammenzufallen pflegen. Das unterirdische Getöse dabei ist ganz wie jenes, welches die Bergleute beim Einstürzen eines Stollens wahrnehmen. Je neuer ein so gehobenes Gebirge ist, desto häufiger müssen dann auch diese Niedersenkungen und Erschütterungen seyn [1]).

b. Die Erdbeben sind so häufig, daß man wohl annehmen kann, ununterbrochen zittere der Boden der Erde an irgend einer Stelle.

c. Die mächtige Ausdehnung wenigstens vieler Erdbeben gestattet nicht, sie nur örtlichen Ursachen zuzuschreiben; solche läßt sich nur durch die Annahme eines tiefen Sitzes ihrer Ursache erklären. Das Erdbeben, welches Chili am 19. Nov. 1822 betraf, wurde auf eine Strecke von 1200 Engl. Meil. nach S. längs der Küste, und landeinwärts von da bis in die Anden empfunden. Am 4. Febr. 1797 erschütterte der Tunguragua eine Fläche von 40 Stunden Länge und 20 Stunden Breite und änderte bis zum 5. April das Relief der Umgegend gänzlich. — Bei dem Erdbeben, welches 1818 von Lumbawa ausging, hörte man die damit verbundenen Detonationen bis Sumatra im W. und Ternate im O. — Das Erdbeben von 1783 und 1784 in Calabrien veranlaßte 1100 Erdstöße, war am heftigsten auf einer Fläche um Oppido von 60 Engl. Meilen Umfang, weniger auf derjenigen, welche diese in einer Breite von 22 Engl. Meilen umgibt; die Erschütterungen erstreckten sich auf Sizilien, Zante, Zephalonien, Sta. Maura, hoben und senkten den Boden, bildeten viele Spalten, Erdfälle und 215 See'n, worunter 50 größere. — Das Erdbeben, durch welches am 1. Nov. 1755 Lissabon mit 60.000 Menschen zu Grunde ging und der Haven von St. Eubals 20 Meilen S. von Lissabon verschlungen wurde, erstreckte sich von Westindien an über Nord-Afrika und ganz Europa bis Irland und Schottland hinauf und legte von Lissabon aus 20 Engl. Meilen in der Sekunde zurück. In Marokko ward eine Stadt mit 9000 Einwohnern so verschlungen, daß sich die Erde über ihr schloß, und eine große Woge drang über Spanien und Afrika herein, die bei Cadix 60' hoch gewesen seyn soll und zu Tanger 18 Male wiederkehrte. — Der Erdstoß in Syrien von 1837 war auf 500 Engl. Meilen Länge und 90 Meilen Br. fühlbar. — Das Erdbeben vom 28. Jänner 1838 wurde in Ungarn, Siebenbürgen, Walachei, Moldau, Krim, Mailand und Frankreich gespürt [2]).

d. Die Erdbeben haben alle wieder andere mächtige Bewegungen und Veränderungen der Erd-Oberfläche zur Folge, ungeheure Bergstürze, Verstopfung des Laufes der Flüsse, spätere Durchbrüche derselben oft in einer neuen Richtung, weite Überschwemmungen und Fortschwemmungen, Versiegen von Quellen und Bächen, Vertrocknen von See'n, Bildung langer

[1]) Jahrb. *1836*, 712. — [2]) Berghaus, Jahrb. *1839*, 473. Schuler, Jahrb. *1840*, 173—191.

und tiefer Spalten des Bodens, tiefe Einsenkungen oft verbunden mit solchen Bewegungen desselben, daß z. B. Wälder von 6 Quadrat-Meilen Größe spurlos verschwinden, Versinken ganzer Inseln, theilweises Einsinken von Bergen in sich selbst; Entstehung von See'n an der Stelle des trockenen Landes, Ausbruch neuer Quellen und Bäche u. s. w.

Das Erdbeben von Sumatra von 1815 war insbesondere durch heftige Wirbelwinde ausgezeichnet, welche Menschen, Thiere, Bäume aufhoben und das Meer mit Holz bedeckten.

Bei dem von Caraccas am 26. März 1812 soll sich der Berg Silla um 300'—360' gesenkt haben.

Am 18. März 1790 sank bei Terranuova auf der S.-Küste Siziliens eine Stelle von 3 Miglien Umfang allmählich um 30' ein.

Im J. 1772 fiel der Vulkan Papandayang auf Java in sich zusammen; eine Fläche von 90 Quadrat-Meilen Engl. versank und eine Berg-Höhe erniedrigte sich von 9000' auf 5000'.

Im J. 1757 erhoben sich zwischen den Azoren 18 kleine Inseln.

e. Die wellenförmige Bewegung, die der Boden beim Erdbeben erhält und welche der der Wellen des Meeres ganz ähnlich ist, theilt sich auch diesen mit und veranlaßt hiedurch oft, namentlich an der Westküste Süd-Amerika's, ein plötzlich und wiederholtes Zurückweichen des Meeres an der Küste, so daß man dessen Grund auf $\frac{1}{4}$ Engl. Meile weit sehen kann, und darauf eine gewaltige Rückkehr, wobei es 1—2 Stunden weit über flache Küsten in's Land stürzt und Alles zerstört [1]). Dergleichen sah man auch bei den oben erwähnten Erdbeben von Calabrien 1783, von Lissabon 1755 u. a.

f. Die zerstörenden Erscheinungen der Erdbeben sind mehr als die übrigen Phänomene bekannt; wir verweilen daher nicht bei ihnen [2]).

B. Zeitliche Verhältnisse.

§. 99. Alters-Bestimmung der Hebungen.

A. Wenn nun durch eine Hebung die Schichten zu stärkerer oder geringerer Neigung aufgerichtet werden, so läßt sich aus der Folgenreihe der neptunischen Formationen [3]), deren Schichten aufgerichtet sind, chronologisch bestimmen, **nach** welcher dieser Formationen die Hebung stattgefunden hat. Haben sich dann später wieder andere neptunische Formationen auf den gehobenen abgesetzt,

[1]) Jahrb. *1836*, 717—720.

[2]) Man kann die neueren Berichte nachlesen im Jahrb. *1833*, 125, 217, 337, 378; *1834*, 459; *1835*, 94, 161, 719, 715; *1836*, 388, 712, 714, 715, 716, 717, 719; *1837*, 333, 693, 695, 706; *1839*, 226 u. s. w.; die älteren findet man zusammengestellt bei v. Hoff, Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche, Theil IV und V, Gotha 1840, 1841; bei Lyell, *Principles*, Cap. XXIII —XXVI; in Muncke's Physik II, 370—404.

[3]) Vergl. Geologie u. Geognosie.

sey es, daß letzte dabei nicht über das Meer heraufgestiegen gewesen, oder daß sie hernach wieder hinabgesunken waren, so mußten sie sich, von den Unebenheiten ihres Bodens abgesehen, in horizontaler Richtung, daher in Beziehung auf jene gehobenen in **abweichender** und oft auch über mehre derselben **übergreifender** Schichtung darauf lagern und so das Mittel bieten auch zu erkennen, **vor** welcher neptunischen Formation die Hebung erfolgt ist, und hiedurch ihre Zeit genau zu bestimmen. Oft sind auch die aufgerichteten Schichten über das Meer emporgestiegen und nachher nicht wieder zurückgesunken, so daß sie ein merklich höheres Niveau erreichen, als jene, welche später an ihrem Fuße auf ihren untersten Theilen niedergeschlagen worden sind. Oft endlich haben die flüssig aufgestiegenen Gesteine Trümmer der von ihnen durchbrochenen in sich aufgenommen und sind die vor der Hebung vorhanden gewesenen Schichten plutonisch vielfältig durchklüftet und die Klüfte durch plutonische Massen ausgefüllt oder sogar überstiegen worden, so daß sich diese über den gehobenen Schichten ausbreiten, ohne eine derartige Einwirkung auf die später abgesetzten neptunischen Gesteine wahrnehmen zu lassen. Dadurch läßt sich das Alter der Hebung auch in dem Falle erkennen, wo sie verdeckt geblieben wäre.

B. Mit Hülfe dieser drei Merkmale hauptsächlich hat Elie de Beaumont das Alter der genauer erkennbaren plutonischen Ausbrüche und Hebungen zu bestimmen gesucht und das merkwürdige Resultat gefunden, daß die an verschiedenen Orten gleichzeitig erfolgten Ausbrüche parallel zu einander sind; daß alle ihm genauer bekannten Hebungen sich auf 12 Perioden zurückführen lassen, weßhalb er sie in 12 Systeme eintheilt; daß aus der Richtung einer Hebungs-Linie sich wieder das System oder die Zeit erkennen läßt, welcher die Hebung angehört; — er fügt daran den Schluß an, daß ein jedes System solcher Hebungen, welche zu den wichtigsten und folgenreichsten geologischen Erscheinungen einer Gegend gehören, das Ende einer alten und den Anfang einer neuen geologischen Epoche von hauptsächlicher oder von untergeordneter Bedeutung anzeige [1]).

C. Elie de Beaumont wollte durch jene Zahl die der Hebungs-Systeme keineswegs für geschlossen erklären, wie sich denn

[1]) *Ann. sc. nat.* XVIII, 243 ff. > Poggend. Ann. *1832*, XXV, 1 ff.

seine Forschungen auch nur auf einen kleinen Theil der Erd-Rinde erstreckt hatten. In der That haben andere Geologen bereits noch mehre Systeme seither beobachtet. Übrigens lassen sich noch andere Einwendungen erheben, als: daß keine innere Nothwendigkeit der Parallelität aller gleichzeitigen Hebungs-Linien und der Gleichzeitigkeit aller parallelen Hebungs-Linien vorhanden zu seyn scheine, was sich auch praktisch bestätigt; — daß in von einander sehr entfernten Weltgegenden wohl die Reihenfolge der Haupt-Formationen die nämliche seye, aber wahrscheinlich die ihrer untergeordneten Schichten sich nicht genau entsprechen, und daher universell chronologische Bestimmungen mangelhaft sind; — daß jene Reihenfolge örtlich oft unvollständig geblieben oder wieder geworden seye, und dann eine genaue Alters-Bestimmung nicht gewähre; — daß selbst eine und die nämliche Hebungs-Linie in ihrem Verlaufe oft merkbare Abweichungen von der Hauptrichtung erkennen lasse, ja sogar in rechtem Winkel zu ihr umbiegend und sich spaltend gefunden werde; — daß die größeren Hebungen nicht alle oder nicht überall in einem Ruck erfolgt sind, daher des Autors Prinzip selbst schon größere und kleinere Abweichungen gestatte; — daß es viele nur örtliche Hebungen und Senkungen gebe, die sich von den allgemeineren nicht abgrenzen lassen; — daß endlich die Bestimmungs-Weise selbst der Richtung der Hebungs-Linien durch Angabe ihrer Abweichung von dem jedesmaligen Meridian in Graden nicht zum Parallelismus gleichzeitiger Hebungen führen könne, weil die verschiedenen Meridiane nicht unter sich parallel sind, sondern konvergiren und divergiren, mit Ausnahme des Falles, daß die Richtung ganz der des Meridians selbst entspreche, wo dann die Fortsetzung derselben um die Erde herum zu einer Rückkehr in sich selbst (Kreis) führen würde; während die Angabe ihrer Abweichung von den Parallel-Linien in Graden, wenn man die Gebirgs-Linie um die Erde herum fortgesetzt denkt, eine Spirale gäbe, ausgenommen wieder den Fall, daß die Richtung ganz der Parallel-Linie entspreche, wo die Fortsetzung der Hebungs-Linie abermals zum Kreise führt u. s. w. [1]).

a. Conybeare bemerkt noch insbesondere, daß das 3te und das 4te Hebungs-System de Beaumont's in N.- und S.-England **einer** Zeit

---

[1]) Boué im Jamess. *Journ.* ***1834***, XVIII, 123 > Jahrb. ***1836***, 426—436; Conybeare, Jahrb. ***1832***, 324; ***1833***, 213; ***1835***, **75**, **584**.

angehören. Die Hebungs-Linien der Kohlen in England bilden einen Bogen, zu welchen die Hebungen in den verschiedenen Kohlen-Feldern Tangenten darstellen, die im Norden von N. nach S., im Süden von O. nach W. und dazwischen in Zwischen-Richtungen gehen. Diese Linien sind oft etwas bognig, zuweilen gabelförmig getheilt, und die im Bristoler Kohlenfeld geht erst 50 Engl. Meilen südlich und dann rechtwinkelig gebrochen längs der S.-Grenze des S. Wales'schen Beckens 100 Meilen weit westlich (a. a. O.).

So ist in England auch das Sekundär-Gebirge vom New red Sandstone an bis zu den Tertiär-Bildungen einschließlich längs einer N.O.—S.W. Hebungs-Linie die ganze Zeit fortdauernd und gleichmäßig gehoben worden; diese Linie biegt am N.O.-Ende nach N., am S.W.-Ende nach W. um und wird hiedurch mit ihren Umbiegungen jener älteren Linie parallel, welche die Kohlen-Formation aufhob. Hier erscheint also eine dreifache Ausnahme von der Regel. Mit ihrer W.-Umbiegung parallel findet man aber nun in England 3 Hebungs-Linien aus O. in W., wahrscheinlich gleichzeitig entstanden in der Zwischenzeit der Absetzung älterer und jüngerer Tertiär-Schichten und jede auf einen Ruck vollendet. Davon scheint die zweite ihrer Richtung nach wieder nur eine Fortsetzung derjenigen älteren Linie, welche die Übergangs-Schichten in den Quantock-Bergen und den Exmoor-Forst gehoben hat [1]). Solche Abweichungen von der anfänglich aufgestellten Regel findet man nun noch manche in der nachfolgenden Tabelle.

D. Dennoch sind diese Hebungs-Systeme der sorgfältigsten Beachtung werth. Wir theilen hier die von Elie de Beaumont aufgestellten zwölf, unter Einschaltung einiger später beobachteten, mit.

---

[1]) Conybeare im Jahrb. *1838*, 214 ff.

Zeit der Hebung.	Gehobene Gebirge.	Richtung aus	Hebende Gesteine.
I. **Vor und während Old red Sandstone.** (de Beaum. 1.).	Westmooreland und Hundsrück		
	Ältestes Erzgebirge	. . . .	Granulit (Naum [1]).
	Sudeten . . . . Schwarzwald z. Th.		
	Mont Pilas z. Th. Vogesen z. Th.		
	Montagne noire, S.Fr. Mittel-Frankr. z. Th.	N. 50° O. (*ha.* 3,5)	
	Bigorre . . . . Corsika z. Th.		
	Canigou, Pyr. . . Westmannland		
	Jemtland . . . Lappmarken		
	Finnland		
	Schottland . . . Süd-Wales, Cumbrian Lake . Anglesea (Con. [2])	O.N.O.	Grünstein.
II. Mit dem vorigen. (Boué [3]).	Riesengebirge, Eulengebirge	N.N.O. N.N.W. W.N.W.	
	Böhmer-Wald z. Th.	W.N.W.	
III. **Vor der Kohlen-Bildung.** (de Beaum. 2.).	S.O. Vogesen (Ballon) und Harz		
	Bocage im Calvados. Lozère S.O.-Ende		
	Inner-England, Devonsh., Somersetsh.		
	Süd-Irland (Anthrazit-Gebirge)	N.W.	
	Magdeburg (Grauwacke) im N.W. (Boué)	(N. 67°—90° W.)	
	S.W. Polen (Sandomirz) (Boué)		
	? Allegheny's in N.Amerika (Boué)		
	? Gaults in Malabar . . . (Boué) . . .	. . . .	Trapp.
IV. **Zwischen Kohlen und Rothliegendem.** (de Beaum. 3.).	Nord-England	. . . .	Trapp, Toadstone, junger Syenit, Grünstein.
	Tarare . . . . Maures-Kette	N. 5° W.	
	? W.Küste des Manche-Depts.		
	? Corsisches Urgebirge		

[1]) Jahrb. *1835*, 588. — [2]) Jahrb. *1835*, 542. — [3]) Jahrb. *1836*, 429.

Formation	System	Richtung	Bemerkung
V. **Zwischen Kohlen und New red Sandstone mit Zechstein-Dolomit.** (de Beaum. **4.**).	Süd-Wales	O.	(nach Conyb. zu IV).
	Maas-Becken		
	Mansfeld . . . ? Saarbrücken		
VI. **Zw. Kupferschiefer mit Alpenkalk und Bunten Mergeln.** (Erman [1]).	Finnisch-Nordrussisches System bis zum Waldai	N.N.O. (*ha.* 1,5).	
VII. **Zw. Rothliegendem u. Buntem Sandstein,** etwas später als VI. (Erman a. a. O. [2]).	Vorberge des Ural	W.N.W. (*ha.* 10,5)	Grünstein-Porphyr voll Augit.
	Ural bei Obdorsk	N.O. (*ha.* 2,5)	
	? Altai	O N.O. (*ha.* 5)	
	? Aldanisches Gebirge	N.	Feldstein- u. schwarze Porphyre.
VIII. **Zw. Vogesen- u. Buntem Sandstein.** (de Beaum. **5.**).	Rheinisches System	N. 21° O.	
	Vogesen . . . . Hardt		
	Schwarzwald . . Odenwald		
IX. **Zw. Keuper u. Unterlias-Sandstein.** (de Beaum. **6.**).	W.Böhmer- und Thüringer-Wald . .	N. 50° W.	Zum zweiten Male durch Melaphyr gehoben [3]).
	S.W.Bretagne . . . Vendé		
	Autun . . . . Avalon		
	Morvan (de Beaum).		
	Olympisches System in Griechenland [4])		

[1]) Jahrb. ***1833***, 357. — [2]) Es ist zu vermuthen, daß hier und an einigen andern Orten die Formationen nicht richtig bestimmt sind, da es theils an den nöthigen Anhalt-Punkten überhaupt gebrach, theils die Übergangs-Systeme von Sedgwick und Murchison noch nicht geschieden waren. — [3]) Krug im Jahrb. ***1838***, 687. — [4]) Virlet, Jahrb. ***1836***, 382.

Zeit der Hebung.	Gehobene Gebirge.	Richtung aus	Hebende Gesteine.
?	Bleking in Skandinav. Lausitz Harz z. Th. . . . Alvensleben Westphalens Flötz-G. S. Schlesien S.Polen . . . . Sicilien z. Th. doch scheint ihre Hebungs-Zeit verschieden.	N.W.	
X. **Zw. Jurakalk u. Grünsandstein.** (de Beaum. 7.).	Cote d'or . . . Mont Pilas im Forez Larzac . . . . Cevennen	N. 50° O. (*ha.* 3,5).	
XI. gleichzeitig mit X. (Erman[1]).	Kamtschatka	N. 7° O. (*ha.* 0,5)	Augit-Porphyr, Trachyt.
XII. gleichzeitig mit vorigen. (Dubois[2]).	Kaukasus (erste Hebung) von Persien bis zum schwarzen Meer	N.W.	Granit (auch Diorit).
XIII. **Zw. älterer u. jüngerer Kreide.** (de Beaum. 8.).	Mont Viso Französische Alpen; S.W.Ende des Jura von Nizza bis Lons le Saulnier von Noir Moutiers bis S.Valencia	N.N.W.	
	Pancorbo in den Pyrenäen[3]) Pindisches Gebirge in Griechenland[4])	N. 25° W.	
XIV. gleichzeitig, nach Grünsand. (Dub., a. a. O.).	Kette von Akhalzike, S. vom Kaukasus (zweite Hebung des Kaukasus, Dub.)	O. . . . . . (? N.W.)	Melaphyre.

[1]) Jahrb. *1833*, 359. — [2]) Jahrb. *1838*, 344. — [3]) Dufren., Jahrb. *1833*, 448. — [4]) Birlet, Jahrb. *1833*. 535.

Epoche	Gebirge	Richtung	Gesteine
XV. **Zw. Kreide- u. Tertiär-G.** (de Beaum. **9.**).	Pyrenäen und Apenninen		
	Erzgebirge (Naumann [1])	N.N.W. . . .	Gneis, Syenit
	Pyrenäen von Ortegal in Gallizien bis Cap Creuß in Catalonien (2te Hebung)	N. 72° W.	
	Apenninen		
	Süd-Alpen . . . Julische Alpen	N.W.	
	Kroatien th., Dalmatien, Bosnien		
	Achäisches Gebirge in Griechenland		
	Ost-Karpathen, Theil des Harzes		
	Bray; Wealds in Surrey;		
	Sussex und Kent		
	Ketten in Bona und Constantine [2])		
	Niederungen zw. Kaukasus u. Akhalzike in Kolchis u. Georgien . (3te Hebung des Kaukasus (Dub.)	?	Porphyre, Melaphyre, Basalte. Laven, Obsidian.
XVI. **Zw. alten u. neuen Tertiär-G.** (de Beaum. **10.**).	Korsika, Sardinien	N.	
?	Wermeland, Dalecarlien, S.W. Harz Leine, Weser, Fulda		
XVII. damit gleichzeitig. (Conyb. [3]), **Dubois** a. a. O.)	Wight, Purbeck, Kent Sussex, Pewsy-Thal, z. Th.	O.	
	? Kaukasus, 4te Hebung, (ob zu XVIII?) Kolchis, Georgien, Daghestan (Dub.) Steppen zw. schwarz. u. kaspisch. Meer	O.	Trachyt-Porphyr.

---

[1]) Naumann, Jahrb. *1835*, 542; seiner späteren Ansicht gemäß fiele die Haupt-Hebung des Erzgebirges erst nach der Braunkohlen-Formation mit der Bildung der Phonolith-Kegel zusammen (Jahrb. *1839*, 63, 427).
[2]) Ponillon Boblaye, Jahrb. *1838*, 602. — [3]) Jahrb. *1833*, 214.

Zeit der Hebung.	Gehobene Gebirge.	Richtung aus	Hebende Gesteine.
XVIII. **Zw. blauen Mergeln und sandigem Kalk.** (? in der Subapenninen-Form). (Bobl.[1]).	Morea's fortgesetzte Hebung durch das Eurymanthische System	O.N.O.	Trachyte.
XIX. **Nach Molasse.** (Boué).	Himalaya	N. 25° W.	
XX. **Nach den jüngsten Tertiär-G.** (de Beaum **11**.).	West-Alpen . . . . Große Carthause in Provence; Entlibuch (? Riesengebirge th.; Upland, Småland	N. 26° O. (veränderl.)	
	Iliodroma (Sporaden), Th. d. Dardanellen Dardanisches Gebirge Bobl., Virl.[2])	N. 40° O.	
	Hohentwyl	. . . .	Phonolith.
	Ost-Pyren., 3te Heb. (wenn nicht zu XXI) Canigou, Catalonien, Navarra, Biscaya[3])	N. 78—70° O.	Ophit.
XXI. **Zw. alten und jungen Diluvial-G.** Transport der Blöcke. (de Beaum. **12**.).	Ost-Alpen von Wallis bis Nieder-Östreich Superga[4])	N. 79° O.	
	Spitzen der Andes, Bouss.[5])	?	Basalt? ohne Olivin.
	Große Thäler in Cantal u. Mont Dore	?	
?	Berge Ste. Beaume, Ste. Victoire, Leberon, Ventoux, Pilatus, die 2 Mythens bei Schwytz, höhere Gebirgs-Züge in Span., N. Kette Siziliens (de Beaum.)	N. 79° O.	

---

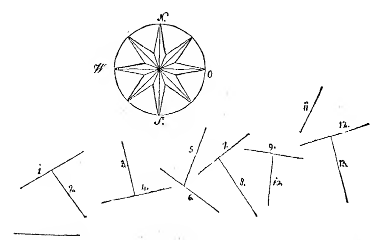
[1]) Jahrb. ***1834***, 97. — [2]) Jahrb. ***1834***, 359; ***1836***, 382. — [3]) Dufren., Jahrb. ***1833***, 434, 448. — [4]) Jahrb. ***1837***, 73.
[5]) Jahrb. ***1836***, 74.

E. Es scheint, als ob solch Punkte der Erd-Rinde, deren Zusammenhang bereits durch wiederholte Hebungen gelockert, oder locker erhalten worden ist, spätere Durchbrüche mehr begünstigen, welche dann strahlenartig davon auslaufen.

So ist nach Fournet l'Arbesle im Rhone-Dept. der Kreutzungs-Punkt von vier Hebungs-Achsen geworden, nämlich:

1te (III), N.O. . . Übergangskalk und Granwacke gehoben von Quarz-führenden Porphyren;
2te (?), N. . . . gehoben von denselben Porphyren bis zum Ausbruch der Augit- und Hornblende-haltigen Trapp-Gesteine (Minette);
3te (?), N.N.O. . Gneis, Glimmer- und Talk-Schiefer gehoben von gemeinem und Porphyr-artigem Granit;
4te (X), N. 50° O. hebt Jura-Bildungen [1].

F. Auch abgesehen von dem Falle der Kreutzung aller Hebungs-Achsen in einem Punkt werden wenige ausgedehnte Gebirge seyn, die ihr Relief, ihre Höhe, Richtung und Länge nicht ihren Emporhebungen in verschiedenen Zeiten verdankten. So gibt, wie aus voranstehender Tabelle zu ersehen, Dubois de Montpéreux für den Kaukasus und die ihn begrenzenden Niederungen **4**, Dufrenoy für die Pyrenäen **4** Hebungen an, u. s. w. Die Hebung der Kordilleren Chili's haben nach Elie de Beaumont Eurite, Diorite, mit Syeniten verbundene Phonolithe und endlich die Trachyte allmählich bewirkt [2].



[1]) Jahrb. *1838*, 95. — [2]) Jahrb. *1839*, 110.

Wenn daher Leblanc[1]) nachweiset, daß, im Falle man Beaumonts 12 Hebungen paarweise in der von diesem angegebenen Ordnung und so betrachtet, daß in die 11te Hebung der West-Alpen der Ventoux, ein Theil Skandinaviens und Marokko, in die 12te die Ost-Alpen, der Atlas, Balkan, Kaukasus und Himalaya, und in eine 13te die Kordilleren gesetzt, aber die 11te dann übergangen werden, je zwei unmittelbar aufeinander folgende Hebungs-Linien (die eines Paares) sich immer nahezu rechtwinkelig kreutzen, aber die Richtung der ersten Hebung des darauf folgenden Paares dann wieder ganz unbeschränkt und zufällig erscheint, — und wenn er das Rechtwinkelige dieser Richtung dann als ein nothwendiges Gesetz der Zerberstung durch Abkühlung und Zusammenziehung einsinkender Platten auf theoretischem Wege zu folgern strebt, so hat er wohl einem zufälligen Ergebnisse zu großen Werth beigelegt, wie außer dem Vorigen durch die bereits erfolgten Einschaltungen von 8 neuen Hebungs-Katastrophen und den weitern Umstand noch wahrscheinlicher wird, daß manches seiner Paare von Kreutzungs-Linien in Wirklichkeit nirgends zusammentrifft, wie z. B. das aus der 12. und 13. Hebung zusammengesetzte Paar, nämlich der Balkan, Kaukasus und Himalaya mit den Kordilleren.

C. Stoffliche Verhältnisse[2]).

§. 100. Mineral-Natur der Ausbruch-Gesteine nach ihrem Alter; Gase.

A. Von theoretischer Seite können wir über die **Natur hebender Gesteine** nun weiter nur folgern, daß die ältesten unter ihnen, welche gleich nach der Entstehung der ersten Erd-Rinde übergequollen, auch den Gesteinen dieser Erd-Rinde gleich seyn müssen; daß je später die Überquellung erfolgt und je tiefer aus der Erde dieselbe mithin heraufkommt (so ferne wirklich hier ihr Herd ist), desto abweichender sie auch in Natur, Schwere (metallisch) und Strengflüssigkeit von jenen seyn könne, wenn anders der Tiefen-Unterschied beträchtlich genug ist, um auch in diesen Hinsichten einen Unterschied zu bedingen, und diese Hinsichten nicht selbst einander entgegenstehen; daß je später die Überquellung erfolgte, um so zahlreicher und manchfaltiger auch deren Einfluß auf die emporsteigende Masse seyn konnte, sey es, daß sie derselben Bestandtheile zusetzten oder entzogen, wobei insbesondere die vielen neptunischen Kalk-Schichten als Flußmittel in Betracht zu ziehen seyn dürften;

[1]) *Bullet. géol. 1841*, XII, 140—142, pl. III, fig. 9.

[2]) Von diesen ist in Kürze die Rede in dem von Leonhard bearbeiteten Theile unserer Naturgeschichte, dem Lehrbuch der Geognosie und Geologie, 1835, S. 165—172.

daß die Gesteine der späteren Ausbrüche im Allgemeinen auch immer mehr in Folge der Abkühlung an der Oberfläche statt unter Wasser von den früheren abweichen müssen. Endlich sind die Ausbrüche feurig-flüssiger Massen nicht wohl ohne gleichzeitige Entwickelung von glühenden Gasen und Dämpfen, sey es auch nur aus den durchbrochenen Gesteinen, möglich (S. 252).

B. Von praktischer Seite aber finden wir schon bei flüchtigem Überblicke der Tabelle in §. 99, wie wenig geregelt die Ordnung der Arten verschiedener Eruptiv-Gesteine in den auf einander folgenden Ausbrüchen ist, und in wie verschiedenen Zeiten die nämliche Gestein-Art wiederkehre, oder welche verschiedene Eruptiv-Gesteine zu gleichen Zeiten auftreten. Es bleibt uns zur Erklärung dieser Erscheinung die Annahme übrig, daß auch in verschiedenen Zeiten die Tiefe der Ausbrüche verschiedener Orte gleichgroß gewesen seyn könne, oder umgekehrt; daß wir den Einfluß der durchbrochenen Erdschichten auf die Mischung des Eruptiv-Gesteines im Ganzen so wie auch die Art und Weise, wie die chemischen Elemente zu Mineralien zusammentreten, nicht bemessen können; daß eben so die Stärke der Abkühlung der Oberfläche und die Raschheit der Erstarrung von Einfluß gewesen seyn könne (§. 101).

Wie vielerlei Granit allein es gebe, lehrt unter vielen andern ein von B. Cotta [1]) beobachtetes Beispiel. Bei Carlsbad und Marienbad namentlich besteht der älteste Gebirgs-Granit in der Haupt-Masse aus Albit und ist reich an Feldspath-Zwillingen und kleinen Massen eines fast schwarzen und feinkörnigen Granit-Gesteines, welches auch selbstständig aus Gneis und Hornblende-Schiefer hervortritt und selbst Bruchstücke eines noch schwärzeren und dichteren Schiefer-Gesteines enthält. Der Gebirgs-Granit mit seinen Einschlüssen wird von zweierlei jüngeren Granit-Gängen durchsetzt, wovon die älteren Turmalin enthalten, der in der Hauptmasse nie vorkommt, wie zu Heidelberg.

C. Einige Veränderungen im Großen und Ganzen finden bei den nacheinander folgenden Ausbruch-Gesteinen gleichwohl Statt. Sie lassen sich durch folgende Regeln ausdrücken, welche allerdings mit den theoretischen Forderungen unter A im Einklange sind.

1) Die Ausbrüche urplutonischer Gesteine waren einst nach Bildung der urplutonischen Rinde ausschließend; sie sind später immer seltener an sich und im Verhältniß zu andern neueren geworden,

[1]) Jahrb. *1838*, 528.

so daß sie die Kreide nur noch selten, die tertiären Gebirge fast nie erreichen.

2. Mit den strengflüssigen rein kieseligen Mineralien und den wasserfreien Tripel-Silikaten mit vorwaltender Thonerde-Basis (Nr. 136—141 unserer Tabelle) als Mineral-Bestandtheilen der Eruptions-Gesteine verhält es sich eben so, indem der Quarz und der Glimmer mit den Eruptiv-Gesteinen urplutonischer Art verschwindet, der Feldspath (die Feldspath-Arten) aber wenigstens als rein ausgeschiedene Masse viel allmählicher abnimmt.

a. Das bestätigt sich nicht nur in den Haupt-Gesteinen, deren Übersicht wir unter E geben werden, sondern auch mehr im Detail; besonders deutlich, wo mehre Eruptions-Gesteine aus derselben Stelle heraufgekommen. So fand Fournet bei Lyon eine ältere Reihe hebender Gesteine, bestehend der Reihe nach aus Granit, Granit mit Feldspath-Krystallen, Quarz-Porphyr, Eurit mit Glimmer, Augit- und Hornblende-reiche Minette; in derselben Ordnung nimmt auch ihr Quarz-Gehalt und ihre Strengflüssigkeit ab [1]).

b. Eine jüngere Reihe von Eruptiv-Gesteinen beobachtete Desgenevez im Cantal und zwar in dieser Altersfolge: Trachyt, Phonolith, Basalt, Lava, worin Hornblende und Feldspath und damit der Alkali-Gehalt ab-, Augit, Olivin, Mesotyp und damit das Eisen-Protoxyd, Talkerde und die Schwere zunehmen, was auf eine stetig fortwirkende Kraft im Innern der Erde hinweiset [2]).

c. Im Kaukasus fand Dubois de Montpéreux diese Folge hebender Gesteine: Granit und Diorit; Melaphyre; Porphyr, Melaphyr, Basalte und Laven; Trachyt-Porphyr [3]).

3) Dagegen gehören die **Zeolith**-artigen Mineralien, gewässerte Einfach- und Doppel-Silikate mit vorwaltender Thonerde-Basis (Nro. 235—246 unserer Tabelle, S. 105) den jüngsten Eruptiv-Gesteinen fast allein an, obschon sie nicht deren wesentliche Bestandtheile ausmachen.

4) Die Hornblende wird immer mehr durch Augit verdrängt, welcher schon in manchen urplutonischen Gesteinen ihre Stelle einzunehmen scheint und ein Erzeugniß geringerer Wärme oder schnellerer Abkühlung, als bei jener, ist.

5) Das Eisen-Oxyd und -Oxydhydrat als unmittelbarer Bestandtheil der Felsarten nimmt zu.

6) Der Olivin (und Hyalosiderit) sind treffliche Unterscheidungs-Mittel für die letzten der vulkanischen Eruptiv-Gesteine; es sind

[1]) Jahrb. *1838*, 96. — [2]) Jahrb. *1836*, 426. — [3]) Jahrb. *1838*, 344.

einfache Silikate von Eisen und Talkerde, welche zwei Stoffe sich gegenseitig substituiren, und in Voraussetzung eines reichen Eisen-Gehaltes in ihrer Mischung sehr ähnlich den künstlichen Roh-schlacken, die sich im Anfange des Eisen-Frisch-Prozesses ergeben [1]).

D. Der Festsetzung der Reihenfolge der Eruptiv-Gesteine aus ihrer Lagerungs-Folge stellen sich aber noch andere, äußere Hindernisse entgegen: die bisherige Vermengung vieler derselben unter den allgemeinen Benennungen: Grünstein, Basalt und Trapp; die Möglichkeit, daß manche von ihnen nur durch Einwirkung plutonischer Gesteine aus neptunischen entstanden seyen, worauf wir in einem folgenden §. zurückkommen werden; die Möglichkeit, daß die Umwandelung durch chemische Prozesse erfolgt sey; der örtlicher Mangel der vollständigen Reihe der neptunischen Schichten, durch die sie aufgestiegen sind. Es geht aus den unter **C 2 b c** angeführten Beispielen hervor, daß die Eruptiv-Gesteine nicht einmal, wenn man sie jedesmal auf dem nämlichen Hebungs-Felde beobachtet, stets dieselbe Ordnung einhalten.

E. Im Ganzen und Großen genommen, kann man sie aber etwa in folgende chronologische Ordnung bringen, wobei ihr relatives Alter gefolgert ist: aus gangartigem Eindringen in andere Gesteine; aus Überlagerung dieser Gesteine (wo indessen das überlagernde Gestein manchmal älter und von einem andern Eruptiv-Gesteine in schon starrer Form in die Höhe geschoben worden seyn kann); aus der chemischen Einwirkung auf die massig oder gangartig durchbrochenen und die überlagerten Gesteine (doch sind einige geringere Einwirkungen auch in starrem und kühlem Zustande möglich); aus dem Umschließen von Bruchstücken durchbrochener Gesteine. Bei Angabe ihrer Bestandtheile ist auf die außerwesentlichen keine Rücksicht genommen.

---

[1]) Hausmann, Jahrb, *1837*, 570.

Gruppen und Arten der Eruptiv-Gesteine.	Struktur.	Wesentliche Bestandtheile. Quarz.	Feldspathe.	Glimmer.	Diallagon. Hornblende. Augit. Uralit. Hypersthen.	Magneteisen.	Andere.
A. Urplutonische.							
Granit (Protogyne)	körnig	+	Feldsp. u. Albit	+			
Gneis	schieferig-körnig	+	Feldspath ? Albit	+			
Syenit	körnig	. .	Feldspath, Periklin, Labrador	. .	Ho.		
Eurit-Porphyr	porphyr.	(+)	Feldstein				
Granulit (Eurit)	körnig	. .	»	(+)	(Ho.)		
B. Plutonische Grünsteine oder Trappe z. Th.							
Diorit (Urtrapp)	»	. .	Albit [1]	. .	Ho.		
Aphanit (Grünstein-Porphyr) (Trapp-Porphyr)	porphyr.	. .	»	. .	Ho.		
Serpentin	dicht	. .	Labrador ?	. .	D.	.	(Talk)
Gabbro (Euphotid)	körnig	. .	Labrador (? Saussurit)	. .	D.	.	(Talk)
Hypersthen-Fels	»	. .	desgl.	. .	Hy.		
Diabas	»	. .	desgl.	. .	Hy.	.	Chlorit
Kugelfels	»	. .	desgl.	. .	Hy.	.	dgl. u. Kalksp.-Mandeln
C. Vulkanische im weitesten Sinn (Basalte und Laven).							
Melaphyr	porphyr.	. .	Labrador	(+)	A. U.		
Trachyt, Eigenschwere 2,5; a. Domit; b. Grauer Tr.	feinkörnig. Teig	.	glas. Feldsp.-Krystall				
Phonolith, Eigenschwere 3	dicht porphyr.	. .	Feldstein (?) Feldspath-Krystalle (?)	.	. .	.	Zeolith
Dolerit	körnig	. .	Feldstein (?) Labrador	. .	A.	+	
Basalt, Eigenschwere 3,5	dicht	. .	Feldstein (?) Feldspath (?)	. .	A.	+	Olivin
Lava	körnig	. .	Labrador [2]	. .	A.	+	Leuzit [3]
Andesit	»	. .	Albit	. .	Ho.		

D. Körniger Kalk bildet seiner Masse nach zwar eine besondere Abtheilung, vergesellschaftet sich aber meistens am innigsten mit den Grünsteinen. **Anhydrit** gehört ebenfalls hierher [4].

[1]) G. Rose, Jahrb. *1836*, 585 f. — [2]) Wenigstens am Ätna (Rose) und Pichincha (v. Humboldt). — [3]) An der Somma, nicht am Vesuv, Dufren. (Jahrb. *1839*, 96). — [4]) Hausmann, Jahrb. *1839*, 607.

a. Indem wir nochmals auf D verweisen, um mögliche Irrungen zu entschuldigen, wollen wir versuchen, eine Anzahl von Thatsachen über das Alter dieser Eruptiv-Gesteine zusammen zu stellen. Manche der hier zu den eruptiven Gesteinen gerechneten Beispiele könnten aber auch noch metamorphische (oder starr gehobene?) seyn.

b. **Granit und Granit-Gneis**

	Gebirge.	Ort.	Autor.	Jahrbuch.
überlagert und durchsetzt in Gängen häufig alle anderen Eruptiv-Gesteine bis zum	Basalt?		v. Leonhard's Felsarten.	
geht mittelbar oder unmittelbar über in alle bis zu	Aphanit			
durchbricht	Silur- oder Devon-Kalk	Christiania	v. Buch	
keilt sich ein in	Übergangskalk	Schottland	Macculloch [1])	
durchbricht in Gängen und fließt in Strömen über	Thonschiefer	Altai	v. Humboldt	***30***, 151
überdeckt, und füllt Gänge in	Thonschiefer	Mihau, Frankr.	Marhallac	***35***, 105
bedeckt	desgl.	Salzburg	Russegger	***35***, 205 ff.
durchbricht	desgl. und Grauwacke	Cap	Krauß	***39***, 61
umschließt Petrefakten-haltige	Grauwacke	Harz	v. Seckendorff	***31***, 292
liegt in	desgl.	Serbien	Boué	***36***, 703
sendet Gänge in	Grauwackeschiefer	Westmoreland	Sedgwick	***37***, 724
wechsellagert mit Porphyr-Geschiebe-haltendem	Rothliegendem	Altai, Baikal	Erman	***33***, 358
durchbricht	rothen Sandstein	Arran	v. Oeynhausen	***33***, 340
erhebt sich in kleinen Kegeln und Becken aus	buntem Sandstein	Sennaar	Russegger	***37***, 667
hebt empor	Sandstein	Kalabrien	Pilla	***38***, 572
liegt auf	Lias	Dauphiné	Geslin	***37***, 705
„ „ und dringt keilartig ein in	Lias	Bündten	Studer	***32***, 210; ***36***, 697
krystallinisirt	Liaskalk	Skye	Macculloch [2])	
hebt und nimmt Trümmer auf von	Lias und Jurakalk	Romanèche	Lortet	***35***, 521
überlagert Ammoniten- und Belemniten-haltenden	Jurakalk	Oisans	Beaumont	***36***, 376
liegt unter und über eben solchem	desgl.	Hochalpen	„	„ 378
macht körnig den	desgl.	Canigou	Dufrenoy	***35***, 705
hebt bis an die Kreide den	desgl.	Kaukasus	Dubois	***38***, 344
übersteigt	desgl.	Predazzo	Zeuschner u. A.	***34***, 20

[1]) *Geol. Transact.* III, 259. — [2]) ***Western Islands***, I, 330.

	Gebirge.	Ort.	Autor.	Jahrbuch.
durchbricht	Quadersandstein	Schaudau	v. Leonhard	***34***, 131
verändert, umschließt und stürzt den	Plänerkalk	Zscheila / Weinböhla	" / Naumann / Cotta	***34***, 149 / ***32***, 306 / ***38***, 308
überlagert	Kreide	Cima d'Asta	Marzari	
richtet Schichten auf von	Tertiär-Gestein	Valparaiso	Lyell [1])	
c. **Gneis** (? metamorphischer z. Th.)				
zeigt dieselben Übergänge wie Granit, aber auch solche in Glimmerschiefer und Verwandte			v. Leonh. Natg.	
steigt empor neben, und sendet Keile in	Flötz-Kalk	Bündten	Studer	***32***, 210
lagert auf Petrefakten-führendem Kalke	Kreide ?	Davos	"	***37***, 598
d. **Syenit**				
geht in dieselben Gesteine über wie Granit			v. Leonhard's Naturgesch. der Felsarten	
führt auf Lagern	Porphyr und Gneis			
überlagert	Thonschief. u. Grauwacke			
geht oben über in	Aphanit / Diorit	Christiania / Cieszyn	Zeuschner	***34***, 20, 23
durchbricht den	Thonschiefer	Cumbrian Mnt.	Sedgwick	***33***, 445
durchsetzt	Muschelkalk	Monzoni	Reuß	***40***, 149
überlagert Kalk und Schiefer des	Lias	Skye	Macculloch [2])	
durchbricht und überlagert	Pläner	Weinböhla	Weiß [3])	
(wenn er nicht vielmehr selbst von Granit gehoben ist			v. Leonhard / Cotta	***34***, 149 / ***36***, 19; ***38***, 308
durchbricht	Kreide	Irland	Murchison [4]).	
e. **Granulit**				
geht in alle Gesteine über, wie Granit			v. Leonh. Natg.	
erhebt sich aus einem Ring-Gebirge von	Glimmer- u. Thonschief.	Mittelgebirge	Naumann	***39***, 139

[1]) *Elements*, 494. — [2]) Murchison in *Geol. Transact.* B, II, 311—321.
[3]) In Karst. Arch. f. Bergb. XVI, u. Arch. f. Mineral. I, 155. — [4]) Silur. Syst. 76.

f. Feldstein-Porphyr				
geht über in	Granit, Gneis, alt. Sandst.		v. Leonh. a. a. O.	
„ „ „	Syenit	Zinnwald	Klipstein	***30***, 758
durchbricht alle Gebirge von Granit bis inclus.	Kreide,			
wie ausführlich erläutert wird von			G. Leonhard	***39***, 407
durchbricht insbesondere den	Pläner	Teplitz	v. Leonhard	***34***, 130
geht über in	Trachyt mit glas. Feldsp.	Ägypten	Russegger	***38***, 635
ergießt sich stromweise und geht über in	„ „ „ „	„	„	„ 628, 632
Wirkliche Feldstein-Porphyr-Lava, älter als	andere Laven sah auf den	Liparen	Fr. Hoffmann	***34***, 71—75
g. Diorit (Eigenschw. = 2,79—2,88)				
beginnt mit den ältesten neptunischen Gesteinen			v. Leonhard's Felsarten	
geht unmittelbar über in Variolit, Gneis und	Aphanit			
enthält Lager von Glimmerschiefer und	Chloritschiefer			
ruht Lager-artig in Granit, Gneis, Glimmer- und	Thon-Schiefer			
wechsellagert mit Hornblendeschiefer, Grauwacke u.	Syenit			
durchbricht und hebt den	Jurakalk	Kattowice	Zeuschner	***38***, 583
h. Aphanit				
Beginn: { wird von Buntem Sandstein bedeckt		Lyon	Raby	***35***, 488
Beginn: { wird von Trachyt bedeckt				
überlagert Talkschiefer, Syenit und	Diorit		v. Leonhard a. a. O.	
„ Kalkschiefer und	Thonschiefer			
?Melaphyr { Ophit-Tuffe wechsellagern mit	Kreide	Pyrenäen	Lyell [1]	
?Melaphyr { Ophite übersteigen die	jüngsten Tertiär-Gesteine	„	Dufrenoy	***33***, 434
i. Körniger Kalk (oft metamorphisch?) [2]				
wechsellagert mit	Granit und Serpentin		v. Leonh. Fels.	
schließt Lager ein von Diorit, Serpentin	und Augitfels		ebendas.	
lagert zwischen	Gneis	Mähren	Glocker	***36***, 213
wechsellagert mit Granit, Hornblende-, Glimmer- u.	Urthon-Schiefer	Triebisch-Thal	Cotta	***34***, 332
ist gleichzeitig entstanden mit	„	Öderan u. s. w.	„	***34***, 37

[1]) *Elem.* 479. — [2]) Von Leonhard zuerst unter die Eruptiv-Gesteine aufgenommen (Jahrb. ***1835***, 584), verdient vielleicht seine Stelle vor **g.**

	Gebirge.	Ort.	Autor.	Jahrbuch.
wechsellagert, wie dichter Kalkstein, mit	Glimmerschiefer . .	Salzburg . .	Russegger . .	**35**, 209, 219, 509
durchbricht in Gang-Form	Gneis u. Glimmerschief.	Cantal . . .	Pegbour . .	**36**, 348
" " " "	desgl.	Taurus . . .	Russegger . .	**37**, 39
dringt gangartig ein in	Hornblendeschiefer .	Triebisch-Thal .	Cotta . . .	**34**, 333
ist übergequollen und ausgebreitet über	Jurakalk	la Spezzia . . / Palmaria . .	Guidoni . . . / Rozet	**35**, 484
ist durchgebrochen und fortgeströmt über	Tertiär-Kalk . . .	Oran	Rozet . . .	" "
wahrscheinlich indeß handelt es sich von metamorphischem Kalke im Triebisch-Thale bei Öderan, in Salzburg u. s. w.				

k. **Serpentin**

	Gebirge.	Ort.	Autor.	Jahrbuch.
beginnt frühe, wird bedeckt v. Grauwacke, Thonschiefer u.	Kalk		v. Leonhard's Fels. 528, 529	
wechsellagert mit Glimmerschiefer, Syenit, Hornblendeschiefer, Gabbro, körnigem Kalk, Thonschiefer				
er ist nur da vorhanden, wo Thonschiefer zu erwarten wäre, u. wird vermißt, wo dieser mächtig auftritt				
verwandelt in weißen Marmor den	Alpenkalk	Bündtens . .	Studer . . .	**34**, 639
scheint theils zu stammen aus der Zeit der	Oolithe	Morea . . .	Rozet	
und wechsellagert mit	Kreide			

l. **Gabbro**

	Gebirge.	Ort.	Autor.	Jahrbuch.
immer mit Serpentin verbunden				
Ausbruch nach Macigno	Grünsand	Massa . . .	Fr. Hoffmann .	**34**, 570

m. **Melaphyr** (Augit-Porphyr, schwarzer Porphyr) mag wohl zuweilen mit Aphanit verwechselt seyn; s. o.

	Gebirge.	Ort.	Autor.	Jahrbuch.
beginnt schon nach der Zeit des Rothliegenden				
durchbricht rothen Porphyr und Steinkohle und die anderen Formationen vom Rothliegenden bis zur Tertiär-Zeit,				
umschließt	Pechstein	Lugano . . .	v. Buch . .	**30**, 320

n—r gehen unter sich, aber nicht in die früheren Eruptiv-Gesteine (etwa m ausgenommen?) über und beschränken sich ganz auf die Tertiär-Zeit, den Basalt in seltenen Fällen ausgenommen.

n. **Trachyt** { ältester: Trachyt-Porphyr; zweiter: weißer, Domit; dritter: grauer . . . }	Eigenschw. 2,42		Fournet . .	***35***, 222
beginnt?				
ob durch heiße Dämpfe aus Gneis und Porphyr entstanden? In Strömen			Fr. Hoffmann / Russegger . .	***37***, 668
ist bedeckt von Phonolith (Cantal) und	Dolerit	Island		
geht über in	rothen Feldst.-Porphyr	Aegypten . .	Russegger . .	***38***, 628 ff.
geht über in	Basalt und Obsidian		v. Leonhard a. a. O.	
gleichzeitig mit Eruption von	Bimsstein			
richtet sich mauerartig auf neben	Kreide-Kalk	Euganeen	Brongniart .	***35***, 349
und dringt ein bis in die	Subapenninen-Format.	„		
Trachyt-Kratere entstanden zu	Anfang d. [?] Tertiär-Zeit	Neuwied . .	Hibbert . . .	***34***, 663
durchbricht	[mittle ?] Tertiär-Gebg.	Cantal . . .	Desgenevez .	***36***, 420
		Limagne . . .	Lecoq . . .	***38***, 476
hebt die Tertiär-Gesteine in der	mitteln Tertiär-Zeit	Kaukasus . .	Dubois . . .	***38***, 344
dringt bis in die	oberen Tertiär-Gebirge	Morea . . .	Boblay . . .	***34***, 97
bildet sich noch fortwährend; so	im Jahr 1755	Ätna	Lyell [1])	
o. **Phonolith**				
ist ganz tertiär				
stellt den mineralogischen Übergang dar von Trachyt in	Basalt		Desgenevez .	***36***, 421
liegt unmittelbar zwischen Trachyt und	„	Cantal . . .	Lecoq . . .	***38***, 416
geht über in Aphanit, Trachyt und	„		v. Leonhard's Fels. 545 ff.	
„ „ „ Diorit-Mandelstein und	Pechstein			
liegt auf	Basalt	Spitzbergen . .		
schließt Stücke ein von	Pläner und Lava			
erhebt sich (S. 298, XX)	nach der Tertiär-Zeit	Hohentwyl . .	Beaumont.	
p. **Dolerit**				
beschränkt sich auf die	Tertiär-Zeit			
wird durchbrochen von	Trachyt	Island . . .	Krug v. Nidda	***36***, 396

[1]) *Principles*, I, 369.

	Gebirge.	Ort.	Autor.	Jahrbuch.
enthält Gänge von	Basalt		v. Leonhards Felsart.	
geht über in	"			
überlagert	Kalk und Basalt			
q. **Basalt** (Eigenschw. 3,06—3,23)				
unterscheidet sich von Lava chemisch nur durch 0,02—0,05 Wasser-Gehalt			Löwe	**37**, 48
beschränkt sich gewöhnlich auf	Tertiär-Zeit			
doch ist Olivin-Basalt gleich alt mit	Kohlen-Formation	Fifeshire	Lyell [1]	
Basalt-Gänge durchsetzen	Kohlen-Gebilde nicht Magnesian-Kalk	Durham Northumberland	v. Leonhard [2]	
überdeckt die plutonischen Bildungen von	Gneis bis Trachyt		v. Leonhards Felsart.	
überlagert die Flötz-Schichten bis	Kreide u. Tertiär-G.			
durchsetzt in Gängen Granit bis Quadersandstein u.	Trachyt			
umschließt Trümmer von	Gneis bis Trachyt			
geht über in Trachyt, Phonolith, Diorit und	Lava			
erscheint gewöhnlich in Gesellschaft von Obsidian, von	Pechstein, Perlstein			
überlagert	Diluvial-Schichten	Süd-Frankreich		
bildet sich noch fortwährend; so	i. J. 1755	Ätna	Lyell [3]	
Eine vollständige Beleuchtung aller bis daher bekannt gewordenen Verhältnisse über das Alter des Basaltes bietet			v. Leonh. [4]	

r. **Lava**

ist frei von allem Wasser-Gehalt,
soll nie von andern Eruptiv-Gesteinen überlagert werden,
bildet sich noch fortwährend.

---

[1]) *Elem.* 482. — [2]) Basalt-Gebilde, 1832, I, 42. — [3]) *Princ.* I, 369. — [4]) Basalt-Gebilde, II, 1832.

F. Außerdem gibt es auch eruptive **Thonschiefer** (Fournet), **Chloritschiefer, Diorite**, welche jedoch gewöhnlich als metamorphische Gesteine vorkommen und nur in einzelnen Gängen und Lagern auftreten, ohne Gebirgs-Hebungen u. dergl. zu veranlassen.

a. Der eruptive Thonschiefer ist nach Fournet ein blätteriger, quarzreicher Granit [1]).

b. Chloritschiefer-Gänge im Gneis zitirt Russegger [2]).

G. Was die Eruptions-Gase betrifft, so ist uns von denen der frühesten Zeit kein Denkmal geblieben; doch kann immer angenommen werden, daß Wasser und atmosphärische Luft, welche in den durchbrochenen Gesteinen, in ihren Spalten und Höhlen eingeschlossen gewesen, durch die Hitze der ausbrechenden Gesteine ausgedehnt und das Wasser in Dampf verwandelt, beide jedoch durch den Gegendruck der Atmosphäre und der auflagernden Gesteins-Schichten selbst gespannt und über die gewöhnlichen Grade erhitzt vor der flüssigen Gesteins-Masse hergetrieben worden seyen. Bei den noch jetzt beobachtbaren und fortgesetzten Ausbrüchen, der Vulkane nämlich, findet man, die verdampfbaren festen Körper mitbegriffen, folgende elastische Flüssigkeiten als unmittelbare oder mittelbare Erzeugnisse sich entwickeln [3]).

Wasserdampf: vorzüglich nach den Ausbrüchen, vorherrschend.

Kohlensäure-Gas: sehr rein bei thätigen und erloschenen Vulkanen und nahen Quellen. Ursprung räthselhaft: ob aus zersetzten Steinkohlen? und Kalksteinen (S. 150)?, welche erhitzt oder mit anderen Säuren verbunden worden. Fehlt am Vesuv [4]).

Schwefelwasserstoff-Gas: in thätigen Vulkanen und heißen Quellen; es kann sich bilden, wo in der Hitze Wasser-Dämpfe und Kohlensäure mit Schwefel-Metallen in Verbindung treten.

Hydrochlor-Gas: am Vesuv u. s. w., aber nicht in den Andes-Vulkanen (Bouss.).

Chlor-Natrium oder Kochsalz: zufällig, an den Krater-Wänden sich absetzend. Am Vesuv entwickelt es sich in Form weißer Dämpfe aus fließender Lava mit Chlor-Kalium (Davy) und macht öfters bis 0,08 der dortigen Lava aus.

---

[1]) Jahrb. *1838*, 160. — [2]) Jahrb. *1835*, 215.
[3]) vgl. Boussingault im Jahrb. *1835*, 96 u. a.
[4]) Davy in *Ann. chim. phys.* XXXVIII, 133 > Berzelius im IX. Jahresbericht, 275.

Salmiak-Dampf: ebenso vorkommend.

Stickgas: nach Boussingault nur zufällig; macht am Vesuv jedoch 0,91 des Gas-Gemenges aus (auf 0,09 Wasserstoffgas; Kohlensäure fehlt. Davy).

Schwefeldampf: bisweilen, durch Verdampfen bei 100° C., oder da wo Schwefelwasserstoff-Gas langsam verbrennt und sich in Schwefel und Wasser zerlegt (Schwefel kommt beim Vesuv häufig, aber nicht bei allen Vulkanen vor).

Schwefelige Säure: ebenso, durch Verbrennen des Schwefels über 100° C.

Schwefel-Quecksilber- (Zinnober-) Dampf; desgl., an Krater-Wänden sich absetzend.

Quecksilber-Dampf, ebenso.

Dampf von Eisenchlorid, Kupfer- und Kobalt-Chlorür am Vesuv (Davy).

Boraxsäure (auf Vulcano nach Fr. Hoffmann [1]) u. s. w. (vgl. §. 102).

H. **Warme Quellen** und **Gas-Ausströmungen**, getrennt oder mit einander verbunden, entsteigen dem Boden noch Jahrtausende [2]) nach vollendeter Gestein-Eruption, bis die Erd-Rinde in denjenigen Tiefen, aus welchen sie kommen, sich wieder so weit als an andern Orten in derselben Tiefe abgekühlt hat, und verrathen somit dem Forscher die einstigen Ereignisse noch in einer viel späteren Zeit. Wo heiße Quellen in der Nähe noch thätiger Vulkane hervorbrechen, sind die mit ihnen entwickelten Gase immer genau denjenigen entsprechend, welche die vulkanische Kratere selbst aushauchen, wie Daubeny nachgewiesen [3]). Von manchen dieser Gase ist übrigens sehr schwer zu sagen, woher sie stammen mögen, wie Kohlensäure-Gas, Stickgas u. s. w. Einige Ansichten über den Ursprung, wie die Erscheinungen heißer Quellen überhaupt sind schon in einem früheren Paragraphen (S. 150, 251) berichtet worden.

a. Nach Bischof [4]) entwickeln sich, hauptsächlich mit Quellen, aus dem vulkanischen Boden um den Laacher See noch täglich etwa 5 Mill. Kubikfuße oder 600,000 Pfd. Kohlensäure-Gas, obschon dort kein thätiger Vulkan mehr ist.

---

[1]) Jahrb. *1834*, 72. — [2]) Jahrb. *1837*, 77. — [3]) Jahrb. *1833*, 91 ff.
[4]) Wärmelehre, 320.

§. 101. Ursprung und Bildung verschiedener Eruptiv-Gesteine.

A. Es läßt sich übrigens keineswegs erweisen, daß alle vorhin genannten Eruptiv-Gesteine ihrem Stoffe nach wirklich aus dem flüssigen Kerne der Erde heraufgestiegen seyen. Sie können nämlich nicht nur unterwegs mehr oder weniger von ihren Bestandtheilen abgegeben oder aufgenommen haben, sondern auch sogar gänzlich durch ein von glühenden Gasen und Dämpfen (S. 311 G) bewirktes Umschmelzen von in der schon erstarrten Erd-Rinde vorhandenen plutonischen wie neptunischen Gesteinen entstanden seyn. Daher es wichtig ist, die beobachtbaren Veränderungen umgeänderter Gesteine zu studiren, um den etwaigen Urstoffen jener Eruptiv-Gesteine auf die Spur zu kommen.

a. Fournet [1]) betrachtet als unveränderte Felsarten: Quarz, homogene Granite und Syenite, Quarz-Porphyre, Kugel-Diorite, Granulit zum Theil, von Hornblende-Gesteinen den Diorit und Diorit-Porphyr, Ophite, Melaphyre und Gabbro, dann reinen Serpentin, Aphanit, gewisse Trappite und körnige Kalke. Die übrigen im vorigen §. noch genannten Eruptiv-Gesteine aber betrachtet er als schon umgeänderte: dabei alle Gneiße und Trachyte, Phonolithe, Basalte und Laven.

b. Einzelne Beweise dürfte bis jetzt noch schwer seyn zu führen; obschon es Gelegenheit genug gibt, darzuthun, daß Eruptiv-Gesteine Trümmer der durchbrochenen Gesteine in sich aufgenommen haben und in mehr oder weniger geschmolzenem Zustande noch enthalten. Aber wie viel von ihrer jetzigen Masse haben sie sich auf diesem Wege angeeignet, und welchen Einfluß hat diese Aufnahme auf die Bildung der Art des Eruptiv-Gesteines gehabt? Ja manche dieser letzten haben sich offenbar auf weite Strecken hin nur dadurch ihren Weg gebahnt, daß sie die ihnen entgegenstehenden Schichten in sich verschmolzen haben. Wir wollen hier wenigstens einige Ansichten und Beobachtungen mittheilen.

c. Man hat den **Trachyt** betrachtet als aus Granit durch heiße Dämpfe gebildet; der Quarz des Granits wäre bis zur Unkenntlichkeit zersprengt, der Feldspath hätte Glanz und Gefüge eingebüßt, wäre zerrissen und durchsichtiger geworden; Glimmer und Hornblende wären unverändert geblieben; die Wände hin und wieder gebildeter Blasen hätten sich verglast [2]). Die Ungarische Trachyte enthalten noch Krystalle von Quarz, Feldspath, Glimmer und Hornblende. Auf Milos unter den Zykladen glaubt sich Russegger überzeugt zu haben, daß die Trachyte durch Umwandlung aus Granit, Gneis oder Glimmerschiefer [mittelst Hitze und Schwefel-Dämpfen) entstanden sind. Die den Fuß des Elias-Berges umgebenden Steine genannter Art sind mürbe, wie gebrannt, der Feldspath ist glasig geworden

[1]) Jahrb. *1837*, 522 ff. — [2]) v. Leonhard's Felsarten.

und bildet zum Theil mit dem Quarze einen eigenen Perlmutter-ähnlichen Schmelz; der Glimmer ist meist unverändert. Ausgebildete Trachyte von mancherlei Art (Tr. granitoide, Tr. amphibolique Beaumont's u. a.) sind sehr häufig daselbst [1]). — Am Ost-Abhange des Marekans im Albanischen Gebirgs-Systeme in Nord-Asien zeigt der Terenit (ein grobschieferiger, erdiger Thonschiefer oder Kohlenschiefer) in Folge der Schmelzung durch Augit-Porphyre allmähliche Übergänge in Trachyte, Perlsteine und Obsidiane [2]). — Auf Island sieht man geschichteten Thon zwischen Dolerit eingeschlossen sich stark verändern, sich zu Thonstein [Trachyt?] umwandeln und da, wo er den Dolerit unmittelbar berührt, auf eine Stärke von 9''—10'' zu dunkelblauem Obsidian werden. Einzelne Thonstein-Stücke erlangen durch die Ausscheidung von Quarz und Feldspath eine Ähnlichkeit mit rothem Porphyr [3]). Inzwischen liegt über der Umwandlung solcher Gesteine in eruptive Gesteine noch ein Schleier, da sie so selten beobachtbar ist, und in andern Fällen die Einwirkung der Hitze auf jene wieder andere Erzeugnisse liefert. Jedenfalls aber sind Desgenevez u. A. der Ansicht, daß die Domite und Trachyte (des Cantal) keiner sehr hohen Temperatur ausgesetzt und nur in teigigem Flusse gewesen seyn können, weil ihr Kieseleisen nicht in Eisen-Protoxyd verwandelt worden seye [4]), obgleich Hoffmann auf Stromboli [5]) und Erman in Kamtschatka [6]) vollkommene Ströme derselben wahrnahmen.

d. **Basalt** ist für umgewandelten Granit, Grauwacke u. dgl. erklärt worden [7]). Nach Mac-Culloch [8]) geht in Aberdeenshire der Granit, indem er zuerst den Glimmer durch Hornblende ersetzt, dann Quarz einbüßt [?] und feinkörnig wird, unmerklich in Trapp-Grünstein, in Basalt und in einen weichen Thonstein über. Ebenso geht in Schottland ein Granit mit Quarz, Feldspath, Glimmer und Hornblende in Basalt über. Hatte sich der Quarz schon ursprünglich nicht allen Theilen der Gestein-Masse mitgetheilt, oder war er in den zuerst erstarrten zurückgeblieben? — Im Westerwalde wird der Braunkohlen-Thon über Basalt härter, dunkler, zu fester schwarzer Masse mit großmuscheligem Bruche, in welcher schimmernde Blättchen Feldspath-ähnlich zerstreut liegen. Allmählich wird der Thon dem Basalte so ähnlich, daß man ihn in der Grube nur noch an den Abdrücken früherer Pflanzen-Reste unterscheidet [9]).

e. Die Urmasse für die vulkanischen Erzeugnisse der Liparischen Inseln glaubte Fr. Hoffmann in dem Granite des nahen Festlandes zu erkennen. — In der That berichtet Hugi an dem Vulkane der Serra di Buda in Calabrien den Übergang des Granites in **Lava** beobachtet zu haben. Dieser Vulkan brannte vor 300—400 Jahren und erlosch bald, ohne einen Strom ergossen zu haben. Er besteht aus einem Haufwerk von

---

[1]) Jahrb. *1840*, 207. — [2]) Erman, Jahrb. *1833*, 359.
[3]) Von Nidda, Jahrb. *1836*, 400. — [4]) Jahrb. *1836*, 425.
[5]) Jahrb. *1834*, 68. — [6]) Jahrb. *1833*, 359, 360.
[7]) v. Leonh. Felsarten. — [8]) *Syst. Geol.* **I**, 147, 148.
[9]) Jahrb. *1837*, 705.

Granit und Gneiß. Der Granit ist im Umfange der oberen, 50′ breiten Fläche des Berges völlig in Lava umgewandelt, ganz wie Vesuv und Ätna sie auswerfen, an der äußeren Seite aber unverändert. Man kann 2′—4′ große Stücke losbrechen, welche die vollständigsten Übergänge zeigen. Das Granit-Korn verliert zuerst allen Glanz und wird matt und weiß, dann unbestimmt. Darauf werfen sich in verschiedenen Richtungen gezogene Blasen; und endlich wird alles blasig; die Blasen-Räume werden schwarz, mit irisirendem Schmelz überzogen, und nun erst schwärzt sich Alles und geht in Lava über.

B. Ein großer Theil der plutonischen eruptiven (wie metamorphischen) Gestein-Arten geht in andere Arten über, wenn man solche in einiger Erstreckung oder Mächtigkeit ihrer Ablagerungen zu verfolgen im Stande ist: zunächst zweifelsohne aus einem inneren Grunde, weil in der ursprünglichen Mischung der eruptiven Massen nämlich Verschiedenheiten waren, beträchtlich genug, um die Bildung verschiedenartiger Gesteine zu veranlassen.

So sind die Übergänge aus Granit in Gneiß, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer oder diesen ähnlichen Gesteinen einerseits, in Syenit, Diorit, Dioritschiefer, Aphanit und Hornblende-Gestein anderseits, dann in Granulit und Feldstein-Porphyr, theils in gerader Linie, theils wieder zwischen andern Gliedern dieser Reihen, — ebenso jene zwischen Gabbro und Serpentin, zwischen Trachyt und Phonolith, zwischen Dolerit, Basalt, Lava und Mandelstein, zwischen Trachyt und Lava, zwischen Obsidian, Pechstein, Bimsstein u. s. w. häufig genug im Verlaufe einer und der nämlichen Schichte oder des nämlichen Stromes oder in einer ununterbrochenen Reihe aufeinander folgender Schichten, in Wechsellagerungen u. s. w. beobachtbar.

Aber ein Theil dieser Verschiedenheiten beruht auch auf äußeren und zufälligen Ursachen, wie sich aus folgenden Detail-Beobachtungen ergeben und genauer unterscheiden lassen wird.

C. Manche Eigenheiten der Eruptiv-Gesteine rühren von Materien her, die sie aus denjenigen Felsarten aufgenommen, mit welchen sie auf ihrem Wege in Berührung gekommen. So ist es Hausmann' glaublich, daß der **Diabas** des Harzes durch Aufnahme von Kalk, da er oft mit Übergangs-Kalk in Berührung tritt, reich an Kalkspath-Gängen und -Mandeln geworden und so in **Kugelfels** übergegangen seye [1]).

[1]) Jahrb. *1839*, 599.

Am meisten Gelegenheit zu solchen Studien findet man an den Kontakt-Stellen (manche **Kontakt-Erzeugnisse**) plutonischer Gesteine mit andern. Allein es bedarf für diese Studien einer weit größeren Anwendung der Chemie, als bisher.

D. So vermag in andern Fällen eine und die nämliche Gesteins-Flüssigkeit schon durch zufällige oder wenigstens unbeträchtliche quantitative Abweichungen in ihren gewöhnlichen **chemischen Bestandtheilen** oder durch ebenso unbeträchtliche Zusätze von außergewöhnlichen Elementen in eine andere Gestein-Art zu erstarren; wie dagegen wieder verschiedenartige chemische Elemente nicht immer nothwendig eine verschiedene Art des Gesteines bedingen.

a. Das Gestein kann dasselbe bleiben, wenn auch die chemischen Elemente wechseln, soferne sie nämlich als isomorphe Stoffe sich vertreten können: wie Alaunerde und Eisenoxyd; Eisenoxydul und Mangan-Oxydul, Kalkerde und Talkerde u. s. w.

Eine und dieselbe Felsart kann oft verhältnißmäßig viele fremde Mineralien in sich aufnehmen, oder das quantitative Verhältniß ihrer wesentlichen Gemengtheile sehr abändern, ohne ihren Art-Charakter einzubüßen. So enthalten die Trachyte im Cantal 0,09—0,15, die Basalte bis 0,25 in Säuren löslicher Bestandtheile [Zeolith u. dgl.] [1]).

b. Kieselerde, Alaunerde und Talkerde machen durch ihre Zunahme die Gesteine **strengflüssiger**, daher unauflöslicher, wenn sie einmal erstarrt sind; sie befördern ihr Erstarren und hindern ihre krystallinische Ausbildung, wenn sie flüssig sind.

Eisen- oder Mangan-Oxydul dagegen, so wie deren Silikate, machen die Gesteine leichtflüssig und wirken den vorigen entgegengesetzt. Auch wenn 2—3 unschmelzbare Silikate verbunden sind, werden sie schmelzbarer. Endlich sind Silikate und Bisilikate viel schmelzbarer, als die Verbindungen, worin die Kieselerde mehr oder weniger gesättigt ist; daher die grünschwarzen Trachyte mit Eisen-Silikat dünnflüssig wurden, wo die grünlichgrauen Phonolithe mit Eisen-Sesquisilikat nur teigartig blieben.

Alkalien vermehren diese Leichtflüssigkeit, verursachen oder begünstigen aber eine Glas-artige Beschaffenheit des Gesteines [2]).

c. Die **Färbung** des Gesteines hängt hauptsächlich vom Oxydations-Grade und Verbindungs-Weise des Eisens ab. Chemisch gebundenes Eisen-Oxyd und -Oxydul färbt bei weitem weniger, als mechanisch gebundenes; 20 Prozent Eisenoxyd in chemischer Verbindung färbt nicht so viel, als $\frac{1}{4}$ Prozent in mechanischer Beimengung [3]). Nun aber kann durch die Hitze Eisen-Gehalt der Gesteine bald entweder verflüchtigt oder eingetrieben, bald entweder oxydirt oder desoxydirt, bald entweder gebunden oder entbunden werden. —

---

[1]) Desgenevez, Jahrb. *1836*, 425. — [2]) derselbe a. a. O. 424.
[3]) v. Leonh. Basalte, II, 347.

In rothen, schwarzen, blauen und dunkelgrünen Basalt- und Lava-Gesteinen findet man Protoxyd (Oxydul), in weißen, zeisiggelben und gelben Domit- und Trachyt-Gesteinen Hyperoxyd, die grünlichgrauen Phonolithe insbesondere sind durch etwas Eisen-Sesquisilikat, die grauschwarzen Trachyte durch etwas mehr Eisen-Silikat gefärbt.

Auf diese Weise erklären sich die leichten Übergänge und manchfaltigen Wechsel zwischen den vulkanischen Gestein-Arten, welche oft einer und derselben Esse des Bodens entfließen [1]).

E. Unter den äußeren Ursachen hat die Temperatur des umgebenden Mediums, mithin die Schnelligkeit oder Langsamkeit der **Abkühlung** den allergrößten Einfluß auf das Entstehen verschiedener, nur durch den Grad ihrer krystallinischen Ausbildung von einander abweichender Gesteins-Arten aus der nämlichen flüssigen Gestein-Masse. Je rascher die Abkühlung, desto mehr geht bei den Kiesel-Verbindungen die krystallinische Textur in die steinige (klein- und verworren-krystallinische), diese in's Schmelz-artige und endlich in's Glasige über. Aber einen ähnlichen Einfluß hat die Schnelligkeit der Abkühlung auch auf die Entstehung verschiedener Mineral-Arten aus derselben Flüssigkeit und so auf die Bildung neuer Felsarten.

a. Nachweisungen über die frühere Geschichte künstlicher Versuche darüber stehen ausführlich in v. Leonhard's Basalten [2]).

b. So bemerkt Dufrenoy, daß die Laven von Palo eine mehr krystallinische Ausbildung besitzen, als die andern Vesuvischen Laven, weil sie dort über dem Krater allmählicher erstarrten [3]). Im Übrigen erörterte neulich Hausmann diese Verhältnisse ausführlicher [4]), wie auch Bischof [5]). Wegen zu schneller Abkühlung sind die geflossenen Hohofen- und Kupfer-Hütten-Produkte alle glasartig-schlackig. Auf der Königs-Hütte in Schlesien beobachtet man oft die Entglasung einer Eisen-Hohofen-Schlacke, wenn diese sich zwischen ausglühendem Koaks-Klein auf der Halde langsam abkühlen kann. So werden auch Granit und Syenit an ihren Grenzen oft porphyr-artig, der schnelleren Abkühlung wegen; so geht der Granit zuweilen in eine Schaale von feinkörnigem Hornstein über. So durchsetzen sich in manchen Gegenden, wie um Heidelberg, in Sachsen [6]), in Oisans [7]) 2—3erlei Granite, von welchen der älteste (v. Leonhard's Gebirgs-Granit) am meisten krystallinisch und porphyrartig, durch große Feldspath-Krystalle ausgezeichnet ist gegen die Gang-Granite; — Russegger [8]) unterscheidet Gneiße von dreierlei Arten, welche mit dem Alter auch an krystallinischer Beschaffenheit einbüßen und Feldstein statt Feldspath und einen immer talkigeren

[1]) Desgen. a. a. O. — [2]) v. Leonh. Basalte, II, 478—482.
[3]) Jahrb. *1839*, 91. — [4]) Jahrb. *1837*, 574. — [5]) Wärmelehre 454.
[6]) Cotta, Jahrb. *1838*, 528. — [7]) de Beaumont, Jahrb. *1836*, 373.
[8]) Jahrb. *1835*, 211 ff.

Glimmer aufnehmen; die jüngeren Glimmerschiefer sind nach ihm talkiger, als die älteren. — Nach Mather kommt Granit in New-York [1]) nur auf Lagern und Gängen anderer plutonischer Gesteine vor; auf mächtigen Lagern grobkörnig mit rothem Feldspath und oft Adular; auf Gänge feinkörnig und selten mit rothem Feldspath. — In Oisans wird der Granit gegen den Flötzkalkstein hin, über welchem er lagert und dessen Krystallisirung er veranlaßt, von mehr geschlossenem Korne; seine Bestandtheile sind minder deutlich unterscheidbar, mithin nicht so auskrystallisirt. So auch am Puy de Peorois, wo er auf Liasschiefer ruhet [2]). — So mag es auch auf der schnelleren Abkühlung beruhen, wenn nach Zeuschner [3]) der Syenit bei Teschen, am Fuße der Karpathen, wie am Monzoni-Berge in der unmittelbaren Nähe der durchbrochenen Kalk- und Mergel-Schichten in Diorit übergeht; indem die Umwandlung durch aufgenommene Kalk-Materie noch der chemischen Nachweisung bedarf [4]). — Laven bleiben schlackig an der Oberfläche, während sie im Innern der Ströme eine steinige und selbst krystallinische Beschaffenheit annehmen. Die schnellste Abkühlung erfahren solche geflossenen Massen, welche in noch flüssigem Zustande zu feinen Fäden und Zasern ausgezogen werden, wie es z. B. in der Form mancher Eisen-Hohöfen durch den heftigen sich stoßenden Luftzug geschieht, und wie es 1821 im Großen bei der Eruption auf Bourbon der Fall gewesen seyn soll, wo ein aus äußerst feinen Glasfäden bestehender Aschen-Regen fiel, eine Erscheinung, die auch von anderen Ausbrüchen bekannt ist [5]) und an dem Woahu auf den Sandwich-Inseln fortzuwähren scheint, woselbst nämlich ein Lava-Strom 43' hoch über eine Felswand herabstürzt, von der wieder in die Höhe steigenden Luft aber in kleinen Partie'n fortgerissen, in Form feiner Glas-Fäden ausgezogen und vom Winde umhergetrieben wird [6]). — Die schlackigen Gestein-Massen sind auch mehr oder weniger **blasig**, weil sie in ihrer ganzen schon zähflüssigen Masse gleichzeitig erstarrt sind, so daß die eingeschlossenen Luft-Blasen keine Zeit zum Entweichen hatten. Diese Blasen rühren von Luft und Dämpfen her, welche die Masse schon bei'm Schmelzen oder bei'm Fortströmen über feuchten Boden oder gar im Wasser selbst in sich aufgenommen hat, so daß man in's Meer geflossene sonst dichte Obsidian-Masse von ihrem Einflusse an durch zahllose Blasen in Bimsstein übergehen sieht. Sie entwickeln sich am meisten nächst der Oberfläche der geschmolzenen Masse, weil sie aus der Tiefe dahin aufsteigen und hier am wenigsten zusammengedrückt werden, aber die schon mehr abgekühlte Rinde am wenigsten durchdringen können. Sie pflegen durch das Fließen der Lava in die Länge gezogen zu seyn. — L. v. Buch zeigt, wie die Ströme des Piks von Teneriffa anfänglich ganz aus Glas (geschmolzenem **Trachyt**) bestehen, das an der

[1]) Jahrb. *1834*, 437. — [2]) Elie de Beaumont, Jahrb. *1836*, 376, 377.
[3]) Jahrb. *1834*, 23, 24.
[4]) Denn gerade der Syenit enthält Labrador oder Kalk-Feldspath, während der Diorit an Albit oder Natron-Feldspath reich ist; übrigens besitzt dieser mehr Hornblende.
[5]) v. Leonhard's Orykt. 415. — [6]) Douglas, Jahrb. *1836*, 227.

Oberfläche, wo der Strom steil herabstürzt, in Form von dünnen gedrehten Tauen unter und durch einander liegt und an deren Seiten große Glas-Thränen herabhängen. Diese **Obsidian**-Masse ist grünlich schwarz, durchsichtig, glänzend, muschelig, spröde, ganz wie Bouteille-Glas, aber reich an glasigen Feldspath-Krystallen, zuweilen porös; tiefer im Strom ist dieselbe weniger glänzend, bräunlichschwarz, oft kleinmuschelig im Bruch und vielen schwarzen **Pechsteinen** sehr ähnlich. Mit der Tiefe nehmen die Feldspath-Krystalle so sehr überhand, daß man den Teig vermißt und die Masse an primitive Gebirgs-Arten erinnert. Sie liegen der Richtung des Stromes parallel, sind oft in nebeneinander liegende Blätter getrennt und diese Blätter nach der ungleichen Schnelligkeit des Stromes, zur Zeit als sie noch weich waren, ungleichweit vorangeschoben. De Drée's Versuche im Tiegel haben gezeigt, daß Feldspath-Krystalle in solcher fließenden Masse sich in die Tiefe senken. Nirgends ist Hornblende, Augit oder Olivin. Noch tiefer wird das Gestein braun, feinblätterig, kaum noch glänzend, nur schimmernd, und gleicht nun dem **Hornstein**: Feldspathe sind aber noch immer in Menge darin. Endlich wird die Masse dicht, glanzlos und zuletzt würde sie sich zu neuen Fossilien zertheilen [1]). Von den Enden der Lava-Ströme haben sich viele Blöcke-große Glas-Thränen abgelöst und sind über steile Abhänge hinabgestürzt. Ihre Masse sieht nicht anders aus, als so mancher ausgezeichnete Trachyt. Jene Obsidiane enthalten Bergöl. Künstlichen Feuern ausgesetzt, blähen sie sich nach v. Humboldt's Versuchen auf. So sind auch die Bimssteine des Piks nichts anders, als aufgeblähte Obsidiane, was indessen schon im Innern des Berges erfolgt seyn mag [2]). Es ist auffallend, daß alle Obsidian-Ströme des Piks von wenigstens 9000' See-Höhe herabkommen; alle Ströme in der Tiefe haben nichts Glasiges mehr. Man kann wohl glauben, daß der Druck in der Tiefe die Bildung des Glases hinderte [3]). **Krystallinische, steinartige, glasige** und **schlackige Laven, Trachyte, Perlsteine, Obsidiane** und, in gewissem Sinne, auch **Bimssteine** sind daher nur Erzeugnisse verschiedener Abkühlungs-Schnelligkeit.

Daß die Schnelligkeit der Abkühlung bei Laven auch einen großen Einfluß auf die Schmelzbarkeit derselben habe, indem Glas-Laven viel leichter schmelzen, mithin einer viel leichteren Umgestaltung fähig sind, als Stein-Laven, ist schon §. 43 erwähnt.

Inzwischen nimmt die schnellere Abkühlung keineswegs überall und ganz gleichmäßig mit dem jugendlicheren Alter der Gesteine zu, indem mancherlei Verhältnisse die Abkühlung auch in früherer Zeit örtlich befördern oder in späterer aufhalten konnten. So führt Russegger als lehrreiches Beispiel einen jugendlichen Granit in Kordofan an, dessen Bestandtheile scharf geschieden und ausgezeichnet krystallisirt und dessen Glimmer insbesondere gigantisch seye; zahlreiche und mächtige Quarz-Gänge setzen in ihm auf [4]).

---

[1]) v. Buch, Canar. Inseln, 225, 229. — [2]) a. a. O. 225, 230.
[3]) a. a. O. S. 234. — [4]) Jahrb. *1838*, 38.

c. Was die einzelnen **Mineral-Arten** betrifft, so ist nach G. Rose **der Augit** nur eine schneller abgekühlte und oft schwerere Hornblende mit anderer Krystall-Form und mit Eisen-Oxydul, statt -Oxyd; denn durch Schmelzung der natürlichen Hornblende im Tiegel erhält man Augit-Krystalle, bei'm Zusammenschmelzen der bei beiden gleichen Elementen ebenfalls; unter den krystallisirten Hütten-Produkten findet man keine Hornblende, sondern nur Augit-Krystalle; Hornblende begleitet andere langsam erkaltete, Augit aber schnell erkaltete Krystallisationen, wie namentlich Olivin; kommen beide zusammen vor, so sind beide verschieden zusammengesetzt. Aber Hornblende ist leichter schmelzbar und hat sich um Augit abgesetzt [1]); neuere Wärme-Einwirkungen haben also die Hornblende oft zerstören und Augit bilden müssen. Es würde sich so auf alle Weise das Verdrängtwerden der Hornblende durch Augit in den neuen Ausbruch-Gesteinen erklären. — So erzählt auch Erbreich, daß in mehren Basalten des Westerwaldes, worin die beiden Mineralien in großen Krystallen zusammen vorkommen, die des Augits scharfkantig und geradflächig, die der Hornblende abgerundet und krummflächig sind, und zuweilen füllen diese ihre anfänglichen Räume nur noch theilweise aus [2]). — Der **Uralit** besitzt die äußere Form des Augits mit den Spaltungs-Flächen der Hornblende; er scheint demnach und seiner faserigen Textur wegen eine After-Krystallisation der letzten in den Formen der ersten, oder eine an Ort und Stelle in den Krystallen selbst erfolgte Pseudomorphose zu seyn. Hier wäre also Hornblende neuer, aber die Umwandelung wahrscheinlich auf galvanischem Wege oder ohne Zuthun der Hitze bewirkt worden (§. 85, S. 262). Bemerkenswerth ist noch, daß die Uralite sich hauptsächlich nur in Grünsteinen oder Augit-Porphyren und darin nur in solchen befinden, in welchen Feldspath oder Albit nicht, oder nicht deutlich ausgeschieden, vorkommen, indem mit diesen Mineralien Hornblende auftritt [3]).

Auch **Vesuvian**, **Epidot** und **Granat** hat man für bloß verschiedene Formen einer gleichen Mineral-Masse gehalten; Heß hat jedoch gezeigt, daß kleine Abweichungen ihrer Mischungs-Verhältnisse sie unterscheiden [4]).

Den **glasigen Feldspath** hatte man anfänglich geglaubt als einen bloß verglasten, gewöhnlichen Feldspath ansehen zu dürfen; was zwar auch in Bezug auf einige mit Hornblende vorkommende glasige Feldspathe des Vesuvs richtig zu seyn scheint; während ein anderer mit Augit daselbst und in der Eifel brechender, in der Krystall-Form dem Adular, in der Zusammensetzung dem Labrador am nächsten steht (Rhyakolith), wie G. Rose gezeigt [5]); während der vom Drachenfels und Mont-Dore nach Berthier sich vom gemeinen nur dadurch unterscheidet, daß ein Theil des Kali's durch Natron und Talkerde ersetzt ist; während beim **Rhyakolith** sich

[1]) Jahrb. *1832*, 237 ff. — [2]) Jahrb. *1837*, 700.
[3]) Jahrb. *1833*, 424. — [4]) Jahrb. *1838*, 326.
[5]) Jahrb. *1833*, 682.

auch die Thonerde noch auf Kosten der Kieselsäure um 0,10 vermehrt [1]), und es also eben so vielfältige glasige wie nicht glasige Feldspathe geben mag.

Übrigens ist es immer denkbar, daß so kleine Abweichungen in der Zusammensetzung und darnach eben auch in der Krystall-Form, wie sie hier vorkommen, durch erneuten Einfluß von Hitze, andere Abkühlungs-Weise, Wechselwirkung benachbarter erhitzter Gesteine u. dgl. hervorgerufen werden können.

F. Die **Art der Bewegung** der ausbrechenden Massen hat einen dem vorigen verwandten Einfluß auf deren Eigenschaften. Die starken Luft-Ausströmungen, welche den vulkanischen Ausbrüchen voranzugehen pflegen oder folgen, zertheilen die von ihnen ergriffenen noch flüssigen Massen in feine Theile, welche im Innern des Vulkanes von der heißen Luft emporgetragen, aber dabei aneinander gerieben, nur unvollständig krystallisiren können. Die feinsten davon werden als **vulkanische Asche** oft in große Fernen geführt, sind nur unter dem Mikroskop als eckige Körnchen erkennbar, theils weiß und opak, in Säuren löslich und fast von der Zusammensetzung des Labradors, theils durchsichtig, unlösbar, von chemischem Bestande des Rhyakoliths, geringentheils zuweilen mit Idokras, Augit und Magneteisen übereinstimmend. Diese **Asche** weicht also in ihrer Mineral-Zusammensetzung von gewissen Laven nicht ab [2]). Mehr in der Nähe der Auswurfs-Öffnung fallen der gröbere **vulkanische Sand** und die **Rapilli** oder **Lapilli** nieder. Von den Bimsstein-Aschen war schon früher die Rede. Auch die **Tuffe**, wovon Herkulanum und Pompeji begraben worden, sind nach Dufrenoy Bimsstein-Tuffe [3]). Asche, Sand und Lapilli, durch Wasser fortgeführt, etwas gesichtet und schichtenweise niedergesetzt, geben den **vulkanischen Tuff**, den **Pausilipp-Tuff**, **Basalt-Tuff**, **Traß** u. s. w., wobei der Bimsstein-artig aufgeblähte als der spezifisch leichtere Theil am spätesten abgesetzt wird als **Bimsstein-Konglomerat**, wie zu Andernach.

G. Unter den äußeren Ursachen ist ferner der **Druck** (Luft-Druck und der der eigenen Masse) während der Erweichung und des Erstarrens von großem Einflusse, indem er eine größere Dichtheit sowohl als langsamere Abkühlung der Masse veranlassen kann, wie Bischof [4]) aus seinen Versuchen mit geschmolzenem Basalte folgert.

[1]) Jahrb. *1838*, 63. — [2]) Dufrenoy im Jahrb. *1838*, 328.
[3]) Jahrb. *1839*, 95. — [4]) Wärmelehre.

Ein größerer Luft-Druck hat also dieselben Folgen, wie eine erhöhte Temperatur des umgebenden Mediums, während der Abkühlung (C). Insbesondere aber hindert jeder Druck die **Blasen-artige Aufblähung** Schmelz- und Glas-ähnlicher Gesteine, die sich daher auf die oberen Theile zu beschränken pflegt; er treibt auch bei dem Erkalten dieser Gesteine die Mineral-Auflösungen, woraus sich die Mandeln der Mandelsteine bilden, in die luftleeren Zellen hinein (§. 48, c). In andern Fällen allerdings stellt sich die blasige Bildung mehr an der Grundfläche umgeschmolzener Gesteine ein, in der Regel durch Feuchtigkeit, welche von dort aus in sie übergehen und zu Dampf verwandelt die Blasen bilden konnte.

a. **Blasige Laven und Basalte** u. dgl. sind daher meistens nur Oberfläche-Bildungen.

b. **Mandelsteine** sind ?Diorite, Melaphyre, Dolerite, Basalte und Laven voll Blasen, in welchen sich, als sich beim Erkalten die Luft darin verdünnte, die leichtflüssigeren Mineral-Stoffe ansammelten und in dem leeren Raume ruhig auskrystallisirten; vielleicht wurden sie auch erst später, in sauren Flüssigkeiten aufgelöst, dahin geführt.

c. Aus den oben angeführten Gründen erhellt, warum das Schmelz-artige und Glasige mit dem Blasigen an der Oberfläche oft, doch nicht immer, zusammentreffen müsse, um das **Schlackige** zu bilden.

d. Vergl. v. Buch unter C b, wegen Obsidian-Bildung.

H. Endlich ist die Art des umgebenden **Mediums** während der Abkühlung von Belang: Luft, Wasserdampf oder Wasser, welche nun wieder alle eine sehr ungleiche Temperatur (C) haben und ungleichen Druck (E) bewirken, aber auch auf Wasser-Gehalt, **Oxydation** und andere Mischungs-Verhältnisse verschieden einwirken können.

a. Nach Lambert's und Martine's Versuchen erfolgt die Abkühlung im Wasser, gleiche Temperatur, gleiche Ruhe u. s. w. vorausgesetzt, 8—10mal schneller, als an der Luft.

b. Ein Ausbruch tief unter dem Meere wird sich von dem an der Luft nothwendig dadurch unterscheiden, daß seine Masse mehr zusammengehalten und zusammengepreßt und wegen der stärkeren Wärme-Leitungs- und -Fortführungs-Fähigkeit von außen schneller abgekühlt wird, was aber die Auseinanderziehung der Ausbrüche an der Luft in lange, schmale, sich fortwälzende und beständig umwühlende Ströme, die hiebei nothwendig mehr Luft und Feuchtigkeit lose in sich einschließen müssen, vielleicht auch hinsichtlich der Abkühlung nicht kompensirt.

Die meisten Geologen, insbesondere Poulett Scrope, Daubeny, u. A., sehen daher die **Basalte** als eine unter dem Meere oder in tiefen

Spalten gebildete **Lava**, die Lava als einen an der Luft ausgebrochenen und daher schlackiger und poröser gewordenen Basalt an. Da sich nun der Basalt, chemisch genommen, immer nur durch einen Gehalt von 0,02—0,05 Wasser von der Lava nach Löwe [1]) unterscheidet, so hätte erster das unter dem Drucke des Meeres aufgenommene Wasser fester gebunden?

Doch können **Basalte** auch außer dem Meere entstehen, wie u. A. der Lava-Strom des Ätna von 1755 lehrt [2]); wohl dann insbesondere, wenn mächtige Ströme unter ihrem eigenen großen Drucke langsam verkühlen.

I. Nach dem vorhin (E) Angeführten hat mithin noch die **Neigung des Bodens** auf die Schnelligkeit der Erstarrung und somit auf die Textur der Laven einen Einfluß [3]).

K. Manche krystallinische Gesteine, welche man ohne Mischungs-Änderung zu derben umschmelzt, werden nach Magnus [4]) **leichter**, zum Theil in Folge geänderter Textur, vielleicht auch mitunter, weil bei ihrem Wiedererstarren ein geringerer Druck auf sie wirkt, als bei der ersten Bildung. Merkwürdig, daß sie bei wiederholtem Schmelzen noch leichter werden.

Hiebei nimmt das Gewicht ab

bei Idokras	von Christiansand	von	3,45 auf 2,95;	um	0,14
„ „	„ Slatoust	„	3,35 „ 2,94;	„	0,12 [5])
„ rothbraun. Granat	aus Grönland	„	3,90 „ 3,05;	„	0,22
„ grünem „	„ Sibirien	„	3,63 „ 2,95;	„	0,19.

Noch größer ist der Unterschied zwischen einem und demselben Minerale in krystallisirtem und in erdigem Zustande; hier verhält sich das spezifische Gewicht krystallisirter Thonerde (Korund) = 4,0, das der reinen künstlich dargestellten Thonerde = 2,0; verwandte Mineralien auf natürlichem Wege in erdigen Zustand versetzt halten das Mittel.

§. 102. Neue Mineral-Bildungen durch Eruptiv-Gesteine, Dämpfe und eruptive Hitze.

A. Die Eruptiv-Gesteine veranlassen, abgesehen von ihren Gemengtheilen, die Bildung neuer Mineralien hauptsächlich durch Sublimation leichter verdampfbarer Bestandtheile, die sich an kühleren Körpern außerhalb, oder nach jener Erstarrung in Blasen und Höhlen im Innern derselben niederschlagen. Doch ist die Sublimation doppelter Art, eine unmittelbare und eine mittelbare, in welch' letztem Falle nämlich ein verdampfender Körper sich nicht als solcher absetzt, sondern das Mineral erst durch Einwirkung auf einen zweiten

---

[1]) Jahrb. *1837*, 48. — [2]) Lyell's *Principles*, I, 369.
[3]) Dufrenoy, Jahrb. *1838*, 328. — [4]) Jahrb. *1831*, 443; *1832*, 240.
[5]) Varrentrapp, Jahrb. *1839*, 327.

erzeugt. So sind alle Sublimationen unverdampfbarer, feuerbeständiger Mineralien zu erklären (vgl. §. 47, Tabelle).

B. Sublimations-Erzeugnisse findet man folgende über vulkanischen Kratern und heißen Erd-Spalten oder in Blasen-Räumen des Gesteins (vergl. S. 110—114 und 129—130 wegen **künstlicher** Erzeugnisse):

24. **Graphit** hat sich offenbar durch Sublimation abgesetzt an dem Reibungs-Steinmehl der Klüfte im Thonschiefer zu Olbersdorf bei Chemnitz. Cotta [1].

26. **Schwefel** erzeugt sich an den meisten noch thätigen Feuerbergen an Stellen, wo Wärme und Luft-Zutritt gemäßigt sind, als Rinde, Anflug (Schwefel-Blumen) oder in Krystallen, obschon die Schwefel- und Schwefelwasserstoff-Dämpfe (§. 100 F) größtentheils nicht unmittelbar aus dem Innern der Erde aufsteigen, sondern aus älteren Ausbruch-Stoffen entwickelt werden. Insbesondere in Solfataren. Schöne Krystalle aus dem Krater des Pik's [2]. Schwefel gehörte 1826 am Vesuv zu den neuesten Sublimationen einer Krater-Öffnung [3]. Der Kohlen-Brand in Staffordshire setzte in kleinen Höhlungen darüber liegenden Sandsteins glänzende Schwefel-Krystalle ab [4].

Eisenkiese (Trisulphurat und Persulphurat), **Kupferkiese** (Bisulphurat) und **Mangankies** (Persulphurat) führt Donati unter den krystallinischen Sublimations-Erzeugnissen des Vesuvs von 1827 an [5].

59. **Realgar**: in Gesellschaft des vorigen.

60. **Auripigment** (Schwefel-Arsenik) bildet sich in thätigen Vulkanen fortwährend durch Sublimation und färbt deren Krater-Wände. So am Vesuv, in der Solfatara von Pozzuoli u. s. w. [6].

Schwefel-Selenium macht einen Bestandtheil des sublimirten Schwefels der Liparischen Insel Vulcano aus [7]; es färbt ihn bräunlich-orangegelb. Selen-Säure in geringer Menge, ob frei oder gebunden?, auch im Salmiak von Vulkano und Lanzerote [8].

69. **Steinsalz** (Chlor-Natrium) ist eine der häufigsten Sublimationen des Vesuvs und der nahen Insel-Vulkane. So setzten zwei i. J. 1827 neu aufgebrochenen Krater-Öffnungen des Vesuvs große Salz-Stalaktiten ab [9]. Auch derjenige Auswurf-Stoff des Vesuvs, welcher von den Armen Neapels zum Küchen-Gebrauch eingesammelt wird, mag sich zum

[1]) Cotta, Jahrb. *1834*, 39. — [2]) v. Buch, Canar. Ins. 232.
[3]) Donati, Jahrb. *1833*, 577. — [4]) v. Leonh. Bas., II, 304.
[5]) Jahrb. *1833*, 575. — [6]) v. Leonh. Orykt. 603.
[7]) Stromeyer in Kastn. Arch. f. Naturl. I, 326 u. a. O.; daher auch sein Vorkommen in rauchender Schwefelsäure; L. Gmelin, Trommsdorf, Kastner im Arch. VI, 154.
[8]) Stromeyer in Brandes Arch. *1825*, XII, 149—153; R. Brandes das. 153—155 und in Schweigg. N. Journ. *1825*, XV, 225—231.
[9]) Donati, Jahrb. *1833*, 577.

Theil erst in der Luft verdichtet haben. Er besteht zu ⅔ aus einem weißen blätterig-krystallinischen zerreiblichen und etwas bitterlichen Kochsalze und zu ⅓ aus rothbräunlichem und wenig härterem Salze. Der chemischen Zerlegung zufolge war er zusammengesetzt aus 0,63 salzs. Natron und 0,33 salzs. Kali, schwefels. Kali und Natron, Kieselerde, Alaunerde, Kalk und Eisenoxyd [1]).

70. **Salmiak** (salzs. Ammoniak), eine ebenfalls sehr gewöhnliche Sublimation der Kratere sowohl, als der frischergossenen Laven Tartarischer und Amerikanischer Vulkane, wie mancher Erdbrände. Insbesondere pflegen die Laven wenige Tage nach ihrem Ergusse ganz mit Salmiak-Krystallen bedeckt zu seyn [2]).

84. **Magnet-Eisen (Eisenoxydoxydul).**

86. **Eisenglanz** (Eisenoxyd) ist nicht flüchtig und kann daher nur auf mittelbare Weise sublimirt seyn, da es sich nämlich oft krystallisirt an Stellen findet, wohin es nur in Dampf-Form gelangt seyn könnte. Der Eisen-Glimmer ist aber so häufig in manchen älteren und neueren Laven, daß man ihn als bezeichnend für sie betrachtet; besonders reich daran sind die Laven des Ätna von 1755, des Vesuvs von 1813, die von Stromboli und die älteren von Puy de Dôme, Volvic, Mont Dore, Puy de la Vache, wo er, am Ätna zumal, nur in den obern sehr porösen und zelligen Theilen der Ströme vorkommt, während die unteren Magnet-Eisen enthalten [3]). Nach Donati setzte er sich 1827 an einigen frisch aufgebrochenen Öffnungen des Vesuv'schen Kraters an [4]), und nach Fr. Hoffmann bildet er Anflüge in kleinen Höhlungen des Trachyt-Porphyrs auf Vulkano [5]). Über seine Bildungs-Weise geben die künstlichen Versuche §. 55 Auskunft, auf welche wir der Kürze wegen verweisen.

108. **Augit.** Beispiele von haarförmigen u. a. Krystallen, die sich in Zellen von Laven, von körnigem Kalk und in andern unterirdischen Weitungen während des Erkaltens Vesuv'scher Laven durch Sublimation angesetzt, findet man reichlich aufgezählt in v. Leonhard's Basalten [6]). Über künstliche Bildung vgl. §. 55.

110. **Hornblende**: feine äußerst zarte Hornblende-Nadeln, wie vorige entstanden in Blasen-Räumen Vesuv'scher Laven, sahen G. Rose und v. Leonhard [7]).

154. **Kieselsinter** gehört mit zu den vulkanischen Erzeugnissen auf Teneriffa, Lanzerote und scheint wirklich durch Dämpfe abgesetzt: v. Buch sah noch 1815 Spalt-Ränder der Lava auf letzter mit Opal-ähnlicher Kiesel-Kruste durch aufsteigende Dämpfe überzogen.

186. **Magnesit** (kohlens. Talkerde) findet sich in Blasen-Räumen vulkanischen Gesteins bei Torre dell' Annunciata, wie Daubeny [8])

---

[1]) Laugier in *Ann. chim. phys.* XXVI, 371 > Férussac. *Bullet. 1825*, IV, 48.

[2]) Vgl. v. Leonh. Orykt. 589. — [3]) v. Leonh. Bas. II, 233.

[4]) Jahrb. *1833*, 577. — [5]) Das. *1834*, 74. — [6]) Bas. II, 488—493.

[7]) Bas. II, 505. — [8]) Jahrb. *1839*, 721.

anführt, welcher früher der Talkerde nur eine mechanische Verflüchtigung zugestanden [1]).

189. **Bleihornerz** (kohlens. und salzs. Bleioxyd) setzte sich 1825 im Krater des Vesuvs aus trockenen Dämpfen an [2]).

197. **Apatit** (phosphors. Kalk) in neuen vulkanischen Gesteinen krystallisirt, wie am Vesuv. Wahrscheinlich indeß ist er nicht als solcher verdampft; Dampf-förmige Phosphorsäure mag sich des Kalkes bemächtigt haben.

201. **Schwefelsaures Kali** scheint ebenfalls ein Sublimations-Produkt des Vesuvs [3]).

213. **Salzkupfererz** (salzs. Kupferoxydhydrat) findet sich unter den Sublimationen des Vesuvs von 1822—1827, die des letzten Jahres von Flechten-artiger Form [4]).

Eisen-Muriat soll 1822 mit dem vorigen entstanden seyn (Donati).

270. **Malachit**-Krusten beschlagen die Trachyt-Porphyre von Vulcano in Gesellschaft von Eisen-Glimmer [5]). Sind sie als Sublimations-Erzeugnisse zu betrachten?

273. **Boraxsäure** ist ein Sublimations-Erzeugniß aus heißen Quellen (indem es Höhlen-Wandungen einige Zoll dick überzieht) und auch wohl unmittelbar aus dem Boden in der Nähe alter und neuer Vulkane Italiens, in Toskana, auf Vulkano [6]). Aber schon ihr Vorkommen in diesen Quellen, an deren Boden sich der größte Theil niederschlägt, ist eine Wirkung der vulkanischen Hitze.

277. **Eisenblau** (phosphors. Eisenoxydul), oft in porösen Basalten u. dgl. enthalten, könnte dort ein Sublimations-Erzeugniß seyn.

284. **Maskagnin** (schwefels. Ammoniak-Hydrat) findet sich am Vesuve (Solfatara) und am Ätna mit Salmiak und Eisenoxyd gemengt und daher wohl wie diese entstanden.

286. **Gyps** ist ein sehr gewöhnliches und häufiges Erzeugniß der Vulkane; er ist nur ein theilweises Sublimations-Erzeugniß, wohl dadurch entstanden, daß sich freie schwefelsaure Dämpfe kalkiger Bestandtheile der Laven bemächtigt haben. Indem dieselben die Laven-Gesteine in weiche thonige Massen oder in einen harten Thonstein zersetzen, bilden sie darin Blätter und Schnüren von spathigem und faserigem Gypse, oder überkleiden die Drusen-Räume mit Gyps-Krystallen, wie Fr. Hoffmann auf Lipari und den Nachbar-Inseln beobachtete [7]).

295 a. Schwefelsaures Eisenprotoxyd-Kali-Alaunerde-Hydrat. Wenn die mit Schwefel stark durchmengte Thonerde im Grunde der Solfatara

[1]) Jahrb. ***1387***, 123. — [2]) Donati, Jahrb. ***1833***, 577.
[3]) v. Leonh. OryKt. 272. — [4]) Donati a. a. O.
[5]) Fr. Hoffm., Jahrb. ***1834***, 74.
[6]) v. Leonh. Orykt. 147; Fr. Hoffm. a. a. O. 74.
[7]) Das. 71, 73. Hier ist es wesentlich noch zu vergleichen, was Voltz (Jahrb. ***1831***, 178), Tournal (Jahrb. ***1830***, 349; ***1836***, 416), Studer (Jahrb. ***1837***, 599), Karsten (Jahrb. ***1834***, 597 ff. auch über Anhydrit), v. Buch (Jahrb. ***1830***, 320; ***1834***, 421, 612; ***1839***, 341) über die Beziehungen des Gypses zu Thon, Dolomit, Bleiglanz, Galmei u. s. w. berichten.

bei Neapel in Sandstein-Gefäßen destillirt wird, so findet man nach Dufrenoy in der Mitte des Rückstandes zuweilen eine Masse zierlicher Oktaeder, zuweilen entkantet und entscheitelt, von dunkel Bouteillen-grüner Farbe und feuerbeständig. Es ist ein in der Natur nicht bekanntes, gewässertes Tripel-Sulphat von Eisen, Thonerde und Kali, worin insbesondere die große Menge von Wasser (0,16) merkwürdig ist, die sich bei wenigstens 400° C. Wärme, wie die Destillation des Schwefels sie erheischt, mit dem Minerale verbunden hat, und welche bei keinem anderen Kunst-Produkte unter diesen Verhältnissen vorkommt. Es erläutert einigermaßen die Bildung wasserhaltiger Silikate (Zeolithe u. s. w.) in den Laven [1]), weßhalb wir es hier anführen.

296. **Alaun** ist eine der gewöhnlichsten Sublimationen über den Krateren der Italienischen Vulkane sowohl als über manchen Steinkohlen-Bränden [2]).

§. 103. **Umbildung der durchbrochenen Gesteine im Allgemeinen (Metamorphose, metamorphe Gesteine Lyell's)** [3]).

A. Der Durchbruch kann mittelbar von Seiten einer schon starren, nämlich mitemporgehobenen älteren, oder unmittelbar von einer nur weichen, oder teigartigen, oder zähflüssigen, oder dünnflüssigen Gesteins-Masse, oder endlich von dampfartigen oder permanent flüssigen Stoffen, mithin auf allen Abstufungen der Erhitzung, des Drucks und der Spannung geschehen, wornach der umbildende Einfluß auf das Nebengestein äußerst manchfaltig seyn und je nach der chemischen und Mineral-Natur von beiderlei Stoffen in Art und Stärke noch vervielfältigt werden muß.

a. Wir beachten hier jedoch durchaus nur die durch Wärme und chemische Beziehungen herbeigeführten Veränderungen, nicht die rein mechanischen, in Zertrümmerung, Verwerfung der Schichten u. s. w. bestehend.

b. Einige geschichtliche Rückblicke auf die Entwickelung dieser Theorie gewährt uns Studer [4]).

B. Der Grad der Einwirkung hängt zunächst von dem Erhitzungs- und somit in der Regel auch Verflüssigungs-Grade der

[1]) Jahrb. *1837*, 329. — [2]) v. Leonh. Oryktl. 169.

[3]) Unter metamorphischen Gesteinen werden gewöhnlich solche verstanden, welche auf ihrer ursprünglichen Lagerstätte umgewandelt worden sind. Allein nicht nur ist oft eine dieser Felsarten überhaupt bald metamorphisches Gestein in diesem Sinne, bald flüssig emporgestiegenes, sondern es kann auch ein und dasselbe Lager an einem Ende unverändert, in der Mitte metamorphosirt, am andern Ende geflossen seyn.

[4]) Jahrb. ***1840***, 351.

durchbrechenden Gesteine ab; daher es nicht befremden kann, wenn man eine und dieselbe durchbrechende Felsart eine und dieselbe durchbrochene bald in hohem Grade und bald gar nicht mehr modifiziren sieht.

a. In starrem Zustande emporgehobene Fels-Massen können zwar ebenfalls eine ansehnliche Erhitzung bewirken, die sich aber, nach den Beobachtungen zu schließen, mit ihren Wirkungen nicht über die Rutsch-Fläche und Reibungs-Gebilde hinaus zu erstrecken scheint.

b. Wie gering im Ganzen die Einwirkung flüssiger Gesteine in der Ferne seye, geht daraus hervor, daß am Ätna sich große Massen Eis unter einem über sie geflossenen Lava-Strome erhalten haben, welcher nur durch eine dünne Lage lockerer Gesteins-Materialien davon geschieden war.

C. Noch auffallender ist aber der Grad der Einwirkung von der Quantität der durchbrechenden Masse abhängig. Eruptiv-Gesteine, welche dünnflüssig genug gewesen, um in die feinsten Spalten der durchbrochenen einzudringen, modifiziren in der Regel dieselben nicht merklich längs diesen Spalten; während emporgetriebene Spalt-Ausfüllungen von vielen Lachtern Mächtigkeit (**Dykes**), welche mithin lange Zeit brauchten, um sich abzukühlen und währenddessen eine große Wärme-Menge an die berührten Gesteins-Wände abgeben konnten, dasselbe seitwärts auf einige Zolle oder Fuße — äußerst selten bis auf 20′—30′ — oder gar einige Hundert Fuße Weite mehr oder weniger modifiziren. Diese letzte Weite scheint aber noch ein für die Einwirkungen sehr empfängliches, vielleicht schon vorher durch heiße Dämpfe u. s. w. auf große Breite hin erweichtes Gestein und einen kräftigen Widerstand von Seiten der durchbrochenen Felsart, statt wirklich vorhandener oder leicht zu öffnender Spalten, oder ein anhaltendes Ergießen durch dieselben und einen sehr ununterbrochenen Zusammenhang mit größeren flüssigen Massen der Tiefe vorauszusetzen.

a. Bei Gang-Ausfüllungen von 2—10 Lachtern Mächtigkeit ist eine seitliche Einwirkung auf 2′—4′—6′ Entfernung nicht ungewöhnlich.

Im Teesdale in Northumberland hat eine ungeheure Trapp-Masse, welche 60′—80′ hohe Wände bildet, eine 40′ mächtige Ablagerung körnigen Kalkes unter sich; dessen Entstehung aus dichtem Kalke auch durch eruptive Trapp-Gänge überall in der Nähe bestätigt wird [1]). Auf Anglesea hat ein Basalt-Gang von 143′ Mächtigkeit den Thonschiefer auf 50′ und einer in den Britischen Kohlenfeldern zu Cockfield Fell die Steinkohle auf 30 Yards oder 90′ Engl. umgeändert [2]) Übergangskalk

[1]) v. Leonh. Bas., II, 384.

[2]) Sedgwick in *Cambr. Trans.* II, 175; v. Leonh. a. a. O. 384, 369, 402.

und Thonschiefer an der Westseite des Golfes von **Christiania** werden durch einen durchbrechenden Granit krystallinisch bis auf 400 Ellen Weite [1]). Inzwischen scheint **Keilhau** geneigt, **diesem** Granit einen nicht plutonischen Ursprung anzuweisen. Zweifelsohne indessen wären solche mächtige Einwirkungen noch mehr zu finden, wenn nicht dann, wo die Umwandelungen ganze Formationen auf ein Mal betreffen, der Zusammenhang allzu schwer nachweisbar würde. Und doch haben wir hier durchaus nur solche Fälle berücksichtigen wollen, wo es mit Sicherheit möglich ist.

b. Es läßt sich denken, daß, wenn ein Gestein der durchbrechenden Masse nicht alsbald offene Spalten zum Ausweg darzubieten vermag, letzte allerwärts gewaltsam in die erste eindringen muß. Ein voraus erweichtes Gestein bietet vielleicht die doppelte Bedingniß dar, weniger leicht in Spalten aufzureißen und die eindringende Masse leicht in sich aufzunehmen.

c. Gebirgs-Schichten organischen Ursprungs, wie Stein- und Braun-Kohle, sind wohl diejenigen, welche sowohl wegen ihrer geringeren Festigkeit, als ihrer größeren chemischen Zersetzbarkeit der Umänderung auf die größte Entfernung fähig sind.

D. Die Umänderungen der durchbrochenen Gesteine können ihre Festigkeit und Härte, ihr Korn, ihre Absonderungen und ihre chemische Beschaffenheit betreffen. Sie pflegen auch in der hier angegebenen Ordnung sich einander zu bedingen und aufeinander zu folgen, nur daß diejenige chemische Beschaffenheit, welche die Färbung veranlaßt, habe sie nun in Oxydations-Weise von Metallen oder Zerstörung von organischen Beimengungen ihren Grund, schon mit den ersten Veränderungen einzutreten pflegt.

a. Thonige Gesteine, welche noch etwas Wasser enthalten, ziehen sich mit dessen Verflüchtigung mehr und mehr zusammen. Die sandigen und kreidigen aber werden zuerst durch die Erwärmung ausgedehnt; dann folgt ein leichtes Schmelzen der einzelnen Körnchen an den Kanten, in dessen Folge sich jene näher aneinander begeben, zusammenfritten und endlich zusammenfließen. Die bloß gefritteten sondern sich durch die Zusammenziehung jetzt, oder erst bei'm Erkalten säulenförmig ab und büßen Schieferung und Schichtung ein; so auch viele, welche bei vollkommenem Flusse langsam genug erkalten, um sich steinartig oder krystallinisch auszubilden (S. 319), während die glasartig erstarrenden die Schichtung verlieren, ohne sich in Säulen zu sondern.

b. Die Säulen auf diese Art umgestalteter oder umgeänderter Gesteine haben gewöhnlich nur ½''—1''—2'' Dicke und einige Zoll Länge.

E. Im Allgemeinen werden die plutonischen Bildungen durch Einwirkung erneuter Hitze in krystallinischer Ausbildung ab-, die neptunischen zunehmen müssen, weil jene nun in kleineren Partie'n

---

[1]) Keilhau, *Gaea Norweg.* 61—63.

mit schon abgekühlten Körpern in Berührung tretend schneller verkühlen werden, als das erste Mal, — während diese bei ihrer ersten Bildung, aus dem Wasser mit Ausnahme einiger Salze nur in Erd- oder in Sand- und Trümmer-Form niedergeschlagen, noch gar keine krystallinische Gestaltung besaßen.

Dieß bestätigt sich, wie die folgenden §§. zeigen werden, in der Natur überall.

F. Gesteine, welche nur aus einem einfachen Minerale bestehen, können eine weitere Umänderung, als bis zu der ihres Aggregat-Zustandes, nicht erfahren: es seye denn, daß sich kleine Mengen zufälliger Beimischungen dabei in größere Partie'n ausscheiden, oder daß sie Bestandtheile aus den durchbrechenden Gesteinen in sich aufnehmen; jene aber, welche aus verschiedenen und zwar wieder chemisch zusammengesetzten Mineralien bestehen, sind noch sehr komplizirter Veränderungen fähig.

G. Zuweilen kommt der Fall vor, daß ein sich längs einer Spalte verbreitendes Eruptiv-Gestein nur das Liegende, den unter der Spalte befindlichen Theil des durchbrochenen Gesteines, nicht aber das Hangende über dem Spalte umändert, was in gewissen Fällen zur Annahme geleitet hat, das Eruptiv-Gestein habe sich nach dem Niederschlage des Liegenden und vor dem des Hangenden auf ersteres ergossen.

So am Whin Sill.

So verlieren die Kohlenschiefer von Walsall in Irland ihr Bitumen nur im Liegenden, nicht im Hangenden der Basalt-Gänge [1]).

§. 104. Umbildung durch bloße Hitze.

A. Bloße Wärme, seye sie nun an Luft, Dämpfe oder Gesteine gebunden, vermag zu bewirken: Mengungs-Änderung, Erweichung des durchbrochenen Gesteines, begünstigend Veränderungen in der relativen Lage seiner Theile in Beziehung auf Gruppirung, Korn, krystallinische Ausbildung und Mischung; — ein Brennen, Fritten und Schmelzen neptunischer oder plutonischer Gesteine, welche sich beide hiebei verschieden verhalten; — Verflüchtigung von Bestandtheilen ohne wesentliche Mischungs-Änderung; — eine Mischungs-Änderung, sey es Entwässerung, Entsäuerung, Oxydation oder sonstige chemische Veränderung mit oder ohne Einfluß auf Festigkeit und Härte; — endlich eine Mineral-Änderung durch

---

[1]) v. Leonh. Bas., II, 375.

Umschmelzen der Gesteins-Masse, so daß hiebei andere Mineralien herauskrystallisiren. Inzwischen fehlen uns in manchen Fällen genauere Beobachtungen und Zerlegungen, um zu wissen, wie sich gewisse äußere Veränderungen zu denen der inneren Mischung verhalten.

B. Die **Wärme** kann in solchen Fällen gebunden seyn an die trockene Luft, an Wasser-Dämpfe, an aufsteigende Gesteine. Sie scheint in Verbindung mit jenen in manchen Fällen eine größere, insbesondere mehr erweichende Wirksamkeit zu besitzen, aber mit diesen die höchsten Grade und die größte Dauer zu erreichen.

C. Bei der **Verflüchtigung** oder Zerstörung einzelner Bestandtheile durchbrochener Felsarten ohne wesentliche Mischungs-Änderung derselben ist zu erwähnen: Austrocknung durch Entfernung mehr oder weniger festgehalten gewesener Wasser-Theile; dann Verflüchtigung oder Zerstörung dunkelfärbender bituminöser und kohliger Theile, welche die meisten Kalke und Schiefer gleichförmig durchziehen, selbst in gewissen Fällen Verflüchtigung von Stoffen, wie sie unter §. 102 B bezeichnet sind.

D. Die **Erweichung** harter, besonders neptunischer Gesteine ist eine höchst bedeutende Wirkung, welche in geringem Grade dem Wasser allein, in hohem der trockenen Hitze, im höchsten wohl den heißen Dämpfen zusteht.

a. Thone, welche lange Zeit unter der Erde gelegen, sind mehr Wasser zu binden im Stande und bildsamer; solche, die einmal ausgetrocknet, sind es weniger.

b. Es bedarf keines Beweises, daß alle Gesteine durch die Hitze, noch ehe sie wirklich in Fluß kommen, in gewissem Grade erweicht werden; aber weniger bekannt ist, daß sie schon hiebei die Gruppirung ihrer Bestandtheile ändern (sich zusammenziehen, eine krystallinische Textur annehmen), sich in verschiedene Mineralien sondern, diese nach gewissen Gesetzen gruppiren, sich mit nun leicht eindringenden Dampf-förmigen Stoffen verbinden (zämentiren), oder einige ihrer chemischen Bestandtheile ganz ausscheiden können, ohne im Ganzen einer wesentlicheren Form-Änderung zu unterliegen, oder sich von der Stelle zu bewegen.

Eine der auffallendsten und bekanntesten Erscheinungen ist, daß Kalksteine, Sandsteine und Glimmerschiefer, welche als Gestellsteine in Schmelz-Öfen gebraucht werden, ohne einen wesentlichen Wechsel in ihrer äußeren Form, ohne deutlichere Spuren erlittener Schmelzung erweichen. Man kennt die Erscheinung am besten bei den grauen, Platten-förmig brechenden Übergangskalken Schwedens, welche in dortigen Hohöfen als Gestellsteine dienen. Im Anfang des Schmelz-Prozesses erweichen sie und werden einer Schnee-Masse ähnlich, so daß man sie mit dem Spatel leicht beschädigen kann. Später erhärten sie wieder, und es tritt keine andere Veränderung

ein; alte ausgebrochene Gestellsteine der Art lassen sich vom rohen Steine daher nicht mehr unterscheiden; auch von ihrer Kohlensäure haben sie nichts eingebüßt [1]). So werden die Gestellsteine fähig, die Gruppirung ihrer Theile zu ändern, das Eisen der Sandsteine zieht sich in bestimmtere Formen und Räume in den Zellen des Gesteines zusammen, u. dgl. m., wovon bei E die Beispiele folgen.

Eine in der Hitze mäßig erweichte Eisen-Masse wird krystallinisch, bildet Würfel-Faretten aus; sie ist fähig, ganz von Dampf-förmiger Kohle durchdrungen zu werden (Zämentation), oder wieder einen Theil davon abzugeben und in Blasen zu sammeln. Selbst Bouteillen-Glas sondert sich innerlich in prismatische Theile, wogegen krystallinische Gesteine sich wieder in Glas umwandeln können, Alles ohne Änderung der äußeren Form. Metall-Legirungen sondern sich, wenn sie durch allmähliches Erkalten lange im Zustande einer gewissen Weichheit bleiben, in zweierlei Metalle [2]).

Einen interessanten Fall von Erweichung von Kalk-Schichten ohne innere Änderung erzählt Marcel de Serres. Bei Cette sieht man, wie dreierlei Jura-Schichten mit aufgelagertem Moellon, also nach dessen Bildungs-Zeit, emporgehoben und besonders die untersten röthlichen und graulichen Dolomite und die mitteln graulichen sehr harten Kalksteine steil, die obersten unreinen, gelben, dichten Kalkschiefer aber nur wenig aufgerichtet worden sind. Dabei haben sich besonders im mitteln Theile beträchtliche Spalten gebildet, in deren eine die Masse jener gelben Schiefer (durch die beim Erhebungs-Prozeß entwickelte Hitze erweicht?) in ganz flüssigen Zustand eingesunken ist und auch die kleinsten Verzweigungen ausgefüllt hat [3]). Könnte aber nicht etwa dieser einzelne Spalt älter als die übrigen seyn?

Die abgerundeten Eindrücke, welche die Geröll-förmigen Bestandtheile der Nagelflue auf andere sie begrenzenden von verschiedenen Arten von Kalk, Granit, Syenit, Diorit, Gneis, Glimmerschiefer, Aphanit, Serpentin u. s. w. hervorbringen, in Verbindung mit den eigenthümlichen und oft mehrfachen Zerspaltungen der letzten, dürften sich kaum anders, als unter Zuhülfenahme von Erweichung vielleicht durch heiße Dämpfe erklären lassen [4]).

E. Die **Krystallinisation**, das Erweichen oder Umschmelzen neptunischer Gesteine, so daß sie aus dem dichten Zustand in den krystallinischen oder sogar krystallisirten übergehen, verdient unter den vorher angeführten Änderungen seiner Wichtigkeit und Häufigkeit wegen besonders hervorgehoben zu werden. Kalksteine aller Art, vielleicht auch Gyps, werden durch hohe Hitze-Grade entfärbt und

---

1) Hausm. Reise in Skandinavien, V, 328.

2) Fournet, Jahrb. *1837*, 524. — 3) Jahrb. *1837*, 70.

4) Lortet, Rozet und R. Blum im Jahrb. *1836*, 196, 339; *1840*, 52.

nehmen eine krystallinisch-blätterige Textur (**Marmor**) an, oder verwandeln sich selbst in ein lockeres oder festes Aggregat kleiner Rhomboeder-Krystalle. Enthalten sie Talkerde, so werden sie **dolomitisch**. Enthalten sie Thonerde, so kann diese (nach §. 104, **1**, a) in Glimmer (Ophikalzit), Serpentin, Hornblende, Diopsid, Gehlenit, Granat u. s. w. übergehen. Fournet [1]). Nie werden sie schlackig und glasig. Säulen-förmige Absonderung scheint schon Kieselerde-Gehalt vorauszusetzen.

a. Die Experimente Basil Hall's sind bekannt, welcher gepulverten kohlensauren Kalk (Marmor, Muschelschaalen, Kalkspath u. s. w.) unter genügendem Luftdruck (etwa 8 Atmosphären) in einer Porzellan-Röhre festgestampft bei der Temperatur des schmelzenden Silbers (21°—23° Wedg.) zu einer festen Masse zusammensickern und dem Kalkstein, ja sogar dem Marmor am Bruch, Halbdurchsichtigkeit und Politur-Fähigkeit ähnlich machte. Eben das erfolgte, wenn er ein ganzes Stück Kreide so behandelte, welches dabei bis zu ⅓ seines Volumens schwand, dichter wurde und seine Wasser-fassende Kraft einbüßte [2]). — Nach Hausmann erhält sich die Kohlensäure bei den dichten Kalksteinen, welche in einigen Gegenden Schwedens in Eisen-Hohöfen als Gestellsteine dienen [3]). Nach Cassola's Versuchen verwandelt sich dichter Kalkstein selbst in der Flamme des Oxygen- und Hydrogen-Gebläses in körnigen Kalk, dessen Körner Rhomboeder sind [4]).

b. Diese Umänderungen finden wir in der Natur sehr oft, da wo flüssige Eruptiv-Gesteine mit Kalksteinen in Berührung getreten sind. Der Hergang pflegt folgender zu seyn. Die Farbe beginnt zuerst sich zu ändern; das Gestein wird durch Zerstörung der dunkelfärbenden, bituminösen Beimengungen immer heller, wenn nicht dabei metallische Flecken und Streifen mehr hervortreten, und geht zuletzt in reines Weiß über, zuweilen jedoch mit hellfarbigen Adern von metallischen Theilen herrührend, vorzüglich wenn der Kalk etwas thonig ist. Das Gestein selbst wird im Bruche (statt flachmuschelig und erdig) splitterig, schimmernd, spröder, härter, dann krystallinisch, gestaltet sich durchaus zu kleinen Rhomboederchen, welche zwar manchmal nur losen Zusammenhang besitzen, aber gegen das umändernde Gestein hin fester zusammenhängen und sich zuletzt in eine grobblätterig-krystallinische sehr harte Marmor-Masse verwandeln. Jedoch zeigen sich überall Modifikationen im Verlaufe dieser Änderungen; namentlich kommen nicht immer alle Stufen oder alle Zwischenstufen deutlich vor. Organische Reste, Muscheln und Korallen sind zuweilen sogar im Marmor noch der Art nach kenntlich, wenn man ihre Übergänge verfolgen kann, aber immer viel undeutlicher als in dichtem Kalk, und in der Regel ganz verschwunden. Zufällige Einmengungen des Kalkes pflegen sich im Raum zusammenzuziehen und in der Form mehr auszuscheiden. Dieß sind in allen

---

[1]) Jahrb. *1837*, 530. — [2]) Gehler's Neu. Journ. f. Chemie, **V**, 287 ff.
[3]) Jahrb. *1837*, 591. — [4]) L. Pilla, Jahrb. *1838*, 411.

Weltgegenden die Wirkungen, welche die eruptiven Granit-Gneise, Syenite, Dolerite und Basalte bei Übergangs-, Muschel- und Jura-Kalk, bei Kreide und Plänerkalk wie beim Grobkalke und jüngsten Tertiär-Kalke hervorbringen, wie man es aus früheren Beobachtungen zusammengestellt findet in v. Leonhard's Basalten [1]), woraus wir einige der belehrendsten Fälle entnehmen.

In Irland zu Belfast wird nach Berger die Kreide von Trapp überlagert zu dichtem Kalkstein, von Basalt-Gängen durchsetzt aber auf andere Art bis auf 8′—10′ Weite umgewandelt. Sie wird allmählich zuerst gelblich-weiß, dann bläulich-grau von Porzellan-artigem Ansehen, verwandelt sich in einen fast sandigen Kalk, wird klein und feinkörnig, endlich ein dunkelblauer oder graulichweißer krystallinischer Kalk, ein wahrer Marmor, dessen Rhomboeder größer als an manchen sogen. Urkalken sind [2]).

Thoniger Kalkstein, **Pläner** des Leitmeritzer Kreises, geht aus gelblichgrau in unrein dunkelblau über, wird beim Schlagen übelriechend, hat Kohlensäure eingebüßt, ist todt-gebrannt [3]); etwas abweichend verhält sich auch der **Indusien-Kalk** der Auvergne, welcher ganz aus kalkigen Indusien-Röhren besteht. Er wird durch den Olivin-Basalt theils gebleicht, theils dunkler, schwärzlichgrau, wie Muschelkalk; der Bruch wird oft splitterig; die Klüfte überziehen sich mit Eisenoxyd-Hydrat; zuweilen wird er porös, blasig, oder dichter und krystallinisch, selten dolomitisch, sandigkörnig. Zuweilen nimmt er große Mengen Kieselerde in Konkrezionen auf, wird dann grau bis blau, mitunter klüftig, zuweilen Säulen-förmig abgesondert, mit unregelmäßigen 3—6kantigen Säulen, welche 1″—3″ dick, oft gewunden und rissig sind u. s. w. [4]).

In körnigem Kalke eingeschlossene Petrefakten findet man: Plagiostomen im Muschelkalk Churhessens [5]), Gryphiten in Lias-Marmor auf Skye [6]), Belemniten in Jura-Marmor des Urbach-Thales [7]).

Nächst den Berührungs-Flächen des Marmors mit den Eruptiv-Gesteinen scheiden sich gerne Talk-Blättchen, Gyps und Eisenkiese aus, um hier von komplizirten Mineral-Bildungen nicht zu sprechen.

c. Von späteren Beobachtungen führen wir folgende an. Die Umwandelung des Übergangskalkes an der Westseite des Golfes von Christiana durch einen [lagerartig?] eingedrungenen Granit, aus einem erdigen, blauen, oft Korallen-reichen Kalkstein in einen weißen, zuweilen kieseligen Marmor voll Granaten und Erzen, mit Spuren der Umwandelung selbst bis auf 400 Ellen Entfernung [8]).

---

[1]) II, 253, 272, 311, 320, 332, 338, 453, 454, u. dessen Charakt. d. Felsarten, 129, 545 u. s. w.
[2]) a. a. O. 311; v. Leonh. Char. 545; Lyell's *Elements*, 177.
[3]) a. a. O. 316. — [4]) a. a. O. 253.
[5]) a. a. D. 338 ff. — [6]) a. a. O. 333 ff. — [7]) a. a. O. 453 ff.
[8]) Keilhau, Gäa Norweg. 61—63.

		Ort.	Autor.	Jahrbuch.
Übergangskalk	durch Granit-Keule wird sehr grobkörnig, krystallinisch, ganz nahe an den Grenzen aber dicht und Hornstein-artig (durch Confusion?) .	Schottland .	Macculloch[1]).	
„	durch Porphyr-Gänge, doch nur da, wo Erz-Gänge mit Porphyr in den Kalk treten u. hier sich mächtiger entwickeln, wird körnig, oft dolomitisch	Framont .	Voltz . . .	**34**, 399.
Bergkalk . .	durch Basalt-Gänge (Whin Sill), wird härter, krystallinisch . . .	N.-England .	Hutton . .	**34**, 95.
Muschelkalk .	durch Syenit mehre Klafter weit in grobblätterigen weißen Marmor verwandelt	Monzoni .	Reuß . . .	**40**, 149 ff.
„	durch aufgestiegene Granit-Massen wird zu Marmor, wie der Carrarische, höher nur grobkörnig (Da Rio, v. Buch)	Predazzo .	Zeuschner . .	**34**, 18.
		. . . . . .	Reuß . . .	**40**, 151.
Alpenkalk .	durch Serpentin-Durchbruch wird Dolomit und weißer Marmor . .	Bündten . .	Studer . . .	**34**, 639.
Flötzkalk . .	durch Gneis-Keule, wird zu Rauchwacke und salinischem Marmor, und enthält noch Belemniten (oben erwähnt)	Urbachthal .	„ . . .	**32**, 210.
Liaskalk . .	Durch [?] Protogyne-Erguß über einen braunlich-grauen, dichten, mergeligen Kalk mit Belemniten und Ammoniten wird dieser an den Kontakt-Stellen blaulich-grau, hart, zerklüftet, etwas durchscheinend, wenig krystallinisch, und erst in 1m—2m Entfernung (weil er von Zumengungen reiner geblieben?) zu grauem körnigem Kalk mit Spath-Gängen	Oisans . .	Beaumont .	**36**, 376.
Jurakalk .	durch Granit wird körnig	Pyrenäen .	Dufrenoy . .	**35**, 705.
„ .	durch gehobenen Syenit und Diorit wird zu grobkörnigem blauem Marmor und geht erst in 50 Schritt Entfernung wieder in unveränderten Kalk über	Teschen . .	Zeuschner . .	**34**, 18 f.
„ .	von Ophiten durchbrochen, wird Rauchwacke	Corbières .	Tournal . .	**36**, 416.
„ .	durch Trachyt wird deutlich körnig, hellblau	Bieskiden .	Zeuschner . .	**35**, 646.
„ .	durch ein verborgenes Eruptiv-Gestein (? Granit) wird Jurakalk mit charakteristischen Versteinungen, Entrochiten u. s. w. zu weißem krystallinisch blätterigem Marmor, stellenweise zu Rauchwacke u. Dolomit	Carrara . .	Savi . . .	**32**, 447.
		„ . .	Fr. Hoffmann	**33**, 103.
		Elba . . .	Fr. Hoffmann	**34**, 563.
„ .	durch vielerlei Eruptiv-Gesteine ebenso	Toskana . .	Savi . . .	**34**, 365.
Pläner . .	durch Phonolith gehärtet, klingend; in Granit eingeschlossen gehärtet, stellenweise krystallinisch, mit Feldspath und Quarz	Teplitz . .	v. Leonhard .	**34**, 130, 150.
Kreide . .	(u. a. Kalke) durch ? Lava geschmolzen, der Kieselkalk verglast, der obere Nummuliten-Kalk gebrannt und geschmolzen, ja zu förmlichem Trachyt [?] umgewandelt	Ägypten . .	Russegger . .	**36**, 691.

[1]) *Geol. Transact.*

F. Das **Glühen** — nach den verschiedenen Abstufungen des Erfolges: **Brennen**, **Fritten** und **Schmelzen** — kommt bei sehr Kiesel-reichen, meistens neptunischen Gesteinen vor. Ihre Theile ziehen sich dabei näher zusammen, das Korn des Gesteines wird dichter, härter, wenn auch etwas zellig, die Masse sondert sich Säulen-förmig ab, das Eisen scheidet sich auf der Oberfläche der Säulen und den Wänden der Zellen aus, die Schicht-Flächen werden undeutlicher und verschwinden, endlich geht das Ganze in eine Schmelz- oder Glas-Masse über, welche mehr oder weniger blasig ist und bei nicht allzu starkem Drucke auch so erstarrt, außerdem aber eine steinartige Beschaffenheit annimmt. Sandige, thonige und andere verschiedene Gesteine verhalten sich dabei auch etwas verschieden.

(F. 1.) **Sandige Gesteine** werden durch **Fritten** und **Verglasen** fester, härter, rauher; ihre abgesonderten kleinen Körner zerfließen untereinander, bilden eine mehr gleichartig steinige flachmuschelig-brechende und auf dem Bruche körnig-splitterige, Quarz- oder Fett-glänzende Masse, Steingut- oder Wedgewood-ähnlich, voll kleiner Zellchen, welche gegen den Sitz der Hitze hin an Größe und Menge zunehmen, bis endlich das Ganze in einen wirklichen **Glas-Schmelz** übergeht. In diesem sind Absonderungen nicht vorhanden; aber senkrecht auf die der größten Erhitzung ausgesetzte Fläche zeigen sich in einiger Entferung, da wo das Gestein noch kleinzellig ist, 4—6seitig säulenförmige Absonderungen von ½″—1″ Durchmesser.

a. Dieß ist eine Umwandelung, welche ich an einem Sandsteine (des ?Rothliegenden) wahrnehme, der als Gestellstein eines Hohofens zu Pforzheim gedient hat. Eisen-Dämpfe scheinen dieselben noch durchdrungen zu haben; das Gestein ist hiedurch schwarzgrau, auf den Klüften der Säulen-Absonderungen und an den Wänden der größern Zellchen aber braunroth gefärbt. Dieser Sandstein war übrigens wahrscheinlich nicht frei gewesen von Feldstein-Körnern. — Eine Menge anderer Beobachtungen an Gestell-Sandsteinen berichtet v. Leonhard [1]).

b. In Hessen ist es sehr oft zu sehen, wie die Rothen Sandsteine in der Nähe der Basalt-Durchbrüche gefrittet, bleich und Säulen-förmig (**vulkanisirt**, zu **Trapp-Quarz**, **körnigem Quarzit**) werden. Von Leonhard [2]) hat diese Verhältnisse ausführlich und im Großen übereinstimmend

---

[1]) Basalte, II, 511—519. Hausmann im Jahrb. *1837*, 791.
[2]) Basalte, II, 346—364 u. a. O.

beschrieben mit dem, was ich im Kleinen an dem Gestellstein-Stücke beobachtet habe. Im Großen verliert sich jedoch auch die Schichtung, während wegen des stärkeren Druckes, welchen die Massen aufeinander üben, nicht leicht die Schmelzung bis zur Bildung von wirklichem Glas-Schmelz voranschreitet, wie zu Hartford in Nord-Amerika. Die Wirkungen pflegen sich im Ganzen nur bis auf 2′—6′ von dem Basalte weg zu erstrecken und allmählich zu verlieren. Wie der Basalt, so wirken auch eruptiver Granit, Diorit, Dolerit u. s. w.

Auch die übrigen Sandsteine, Grauwacke, Keuper-, Lias- und Quader-Sandstein, verhalten sich in allen wesentlichen Verhältnissen ähnlich dem obigen, nur daß die Färbung sich sehr manchfaltig ändert und durch alle Abstufungen bald in's Dunkelrothe, bald in's rein Weiße u. s. w. übergeht. Selbst die Färbung des Braunkohlen-Sandsteins durch Eisenoxyd-Hydrat wird öfters rein weiß. Gelbe und rothe Farbe des Bunten Sandsteins geht verloren, indem Eisenoxyd-Hydrat und Eisenoxyd in Oxyd-Oxydul überzugehen scheinen. Nur wo in Thon-Streifen das Oxyd mehr angehäuft war, bilden sich Bänder von schwarzer Farbe [1]). Ein Zusatz von Feldspath-Körnern zu den quarzigen scheint keine große Änderungen in den Erscheinungen herbeizuführen. Mehr schmelzartige, etwas aufgeblähete Umänderungen des geglüheten Sandsteins haben die Namen **Basalt-Jaspis**, **basaltischer Hornstein** erhalten und zeichnen sich oft durch Lavendel-blaue, perlgraue und verwandte Färbung aus (Keuper von Parkstein, von Groß-Eder, Grauwacke am Kornsteinchen in der Eifel und von Siegen); der Kohlensandstein von Newcastle in Irland wird durch Basalt-Gänge gleichartiger, **Kieselschiefer**-ähnlich, der von Salisbury craigs durch dieselben manchen **Jaspissen** und **Hornsteinen** ähnlich, indem auch seine röthlich-weiße Farbe sich in rothe und weiße Streifen sondert; zuweilen wird er **Quarz**-ähnlich und Glas-glänzend; auch der rothe Übergangs-Sandstein von Arran, wie der Grünsandstein Sachsens, wird durch solche oder Granit-Gänge härter, mehr homogen und **Hornstein**-ähnlich. Der Quarz-reiche Grauwackeschiefer, welcher zu Holzappel in Nassau vorkommt in kleinen, eckig-körnigen oder runden Stücken, die unter sich lose zusammenhängende oder fest verbundene kugelige Massen oder bis 6″ mächtige Streifen in kugelig abgesonderten und schlackigen Basalt-Gesteinen bilden, geht in Farbe, Glanz und Form über in **Perlstein**; die Weilburger Grauwacke verwandelt sich in der Nähe der Diorit-Gänge in ein dickflaseriges Gemenge von grober, erdiger Thon-Masse, welche sich in dünnen Lagen um **Porzellan-Jaspis**-artige Stücke herumzieht. Manche dieser Grauwacken mögen sich wohl dem Thonschiefer nähern und einen Gehalt von Feldspath und Hornblende statt des Quarzes aufnehmen.

Übrigens gibt es auch Fälle, wo die Sandsteine mürber werden. So das Rothliegende in der Nähe der Dolerit-Gänge bei Darmstadt von

[1]) Hausmann im Jahrb. *1837*, 591.

unrein gelber und öfters rothgestreifter Farbe: es bleicht, wird graulich-weiß, die Kaolin-Theilchen zerfallen in Staub, die Quarz-Körner werden zerreiblich: Alles wird mürbe. Die im Granit eingeschlossenen Grauwacke-Trümmer des Harzes werden zerborsten, mürbe, auf den Klüften eisenschüssig. Diese und eine Menge anderer damit verbundener Erscheinungen findet man theils nach eigener Beobachtung, theils aus früheren Quellen ausführlich beschrieben von v. Leonhard [1]).

[1]) Basalte, II, 309, 317, 335, 367, 376, 397, 398, 452, 455; Charakt. d. Felsart. 129, 545.

c. Spätere Beobachtungen.

Gestein	Beobachtung	Ort.	Autor.	Jahrbuch.
Thonschiefer,	Grauwackeschiefer und Grauwacke gehärtet und verdichtet, Sandstein in Quarzfels verwandelt durch Granit am	Harze . . .	Hausmann .	**39**, 603.
Karadok-Sandstein	durch Granit verliert sandige Textur und Schichtung und wird homogener krystallinischer Quarzit	Bretagne.		
Alter rother S.	durch Dolerit gefrittet bis zu homogener Masse, oder erdig, aus grau und grün in hellgrau und weiß gebleicht; Schichtung verwischt; zerklüftet, zerrissen	Wetterau . .	Klipstein . .	**34**, 632.
Rother S. .	durch Basalt-Dykes in **Hornstein** verwandelt	N.-Irland . .	Lyell [1]).	
Kohlen-S. .	durch Diorit-Gänge. Ist ursprünglich graulich-weiß, fein und selten grobkörnig; bei mehr Anhäufung von thonigem Binde-Mittel schieferig oder wirklicher Schieferthon. Wird durch Diorit gefrittet, in dichten **Quarzfels** verwandelt, weiß, durch Eisenoxyd stellenweise roth gestreift; zuweilen **Schlacken**-artig. Die schieferige Abänderung aufgebläht, mit geschmolzenem Ansehen; oder das Ganze zertrümmert, durch Diorit-Teig gebunden; ist dabei der Sandstein gefrittet, so entsteht ein neues Gestein	Ob.-Schlesien	Zeuschner . .	**38**, 582.
„ .	in gehobener Quarz-Masse eingeschlossen wird **Arkose**	Lyon . . .	Lortet . . .	**36**, 578.
Flötz-Sandst.	grau, schieferig, wird durch Diorit viel fester, gebändert	Teschen . .	Zeuschner . .	**34**, 18 f.
Sandstein .	aus Quarz-Stücken, in Feldspath gebettet, wird in Berührung mit Grünstein wieder hart, glasig und Säulen-förmig	} Assam . . .	Mac-Cleland	**38**, 586.
„ .	nächst Granit geht er in körnigen **Quarzschiefer** über . . .	}		
Keuper-Sandst.	mit Eisensandstein-Zwischenlagern erlangt durch Granit-Gneis ein gebranntes Ansehen, das Eisen wird zu Hyperoxyd; der Eisensandstein zu glasiger Masse geschmolzen. — Die Körner zusammengebacken, gefrittet, das Ganze zu einer dichten weißen oder bunten Schlacken-Masse geschmolzen, mit allen Übergängen. Die Thoneisenstein-Nester höher oxydirt, gelbroth oder ockerig ganz verglast, doch in ursprünglicher Form, nur zuweilen mit der Sandstein-Masse verschmolzen. Der Quarz des Sandsteins ist glasiger, Obsidian-artig.	Sennaar . . Assuan . . . Chardum . . Berg Melechat	Russegger . .	**37**, 667. **38**, 624—630.

[1]) *Elements*, 176, 179.

		Ort.	Autor.	Jahrbuch.
	Die zerworfenen Schichten oft von mächtigen Röhren-förmigen Zellen durchzogen. — Der geschmolzene, oft Obsidian-artige Eisensandstein dringt von unten in die Sandstein-Klüfte ein, steigt empor, ergießt sich weit über die Oberfläche und verbindet die Sandstein-Trümmer derselben zu einem eigenthümlichen Konglomerate. (Der Granit ist hier Porphyr geworden.)	Savanne Bahiuda. Gebbel Gekdul.	Russegger . .	**38**, 634.
Körniges Quarz-Gestein gefrittet . . . . Thoniger S. geschmolzen . . . . Sand der Wüste, gefrittet oder geschmolzen	durch vulkanische Wirkung . . .	Gebel Mokattam bei Cairo	„ . .	**36**, 691.
Sandstein .	mit Eisenthon-Zäment durch Trapp rothgebrannt	Nova Scotia	Jackson . .	**33**, 344.
Karpathen-S.	durch 2 Trachyt-Gänge 30 Klafter weit roth gebrannt	Szlachtowa .	Zeuschner . .	**33**, 318.
„	nächst Trachyt ziegelroth, mit silberweißem Glimmer, wie wenn man ihn künstlich brennt; anderwärts rosa- bis dunkel-roth, eingeschlossene Bruchstücke bleiben grau, ihre Körner nähern sich, das Zäment tritt weiß hervor; bei stärkerer Einwirkung werden die Körner unkenntlich, bilden einen hellgrünen **Hornstein** von Quarz-Härte mit splitterigem Bruche, welcher unter Verlust der Porosität zu homogener Masse zusammensintert	Bieskiden . .	Zeuschner . .	**35**, 643 f.
Quader-S.	nächst Granit gehärtet	Teplitz . . .	Naumann	
„	nächst Feldstein-Porphyr und Phonolith gefrittet	„ . . .	v. Leonhard .	**34**, 131.

(F. 2) **Thonige Gesteine brennen** sich in der Hitze **hart**, schwer und klingend, indem sie sich zusammenziehen, gewöhnlich ihre Schieferung einbüßen und, je nach den Graden der Umwandelung, der Feinheit ihres Korns und ihrem schwächeren oder stärkeren Gehalt an Kiesel- oder an Thon-Erde einen erdigen, steinartigen oder selbst glasigen Bruch erlangen. Gelbe und blaßrothe Farben werden dabei oft lebhaft roth, grauliche werden röthlich, bleichen oder verschwinden ganz; doch, haben die Grade der Hitze, des Luft-Zutrittes und organischer Beimengungen hiebei einen manchfaltigen Einfluß.

a. Es sind die Vorgänge, welche wir in Ziegel-, Fajance-, Steingut- und Porzellan-Brennereien täglich auf künstliche Weise herbeigeführt sehen.

b. So geht der Schieferthon der Kohlen-Formation durch die Hitze benachbarter Erd-Brände zuweilen in **Wetzschiefer**, gewöhnlich in „**gebrannten Thonschiefer**" über, indem er braun, roth und gelb von Farbe, hart, rauh, porös, zellig und rissig wird, an den Wänden der Risse eisenschwarz anläuft oder sich selbst mit Schmelz überzieht, sein Schiefer-Gefüge verliert und durch das Zusammenbrechen und Verbiegen der mehr zusammengezogenen Schichten seine regelmäßige Schichtung einbüßt [1]). Geht die Hitze weiter, so steigern sich die angedeuteten Veränderungen, das Gestein wird noch härter, dichter, klingend, die Kanten werden durchscheinend, (die rothen und gelben Farben beschränken sich oft auf die Nähe der Klüfte und Zellen, während die übrige Masse grau ist,) das Schiefer-Gefüge und die Schichtung verschwinden gänzlich, es entsteht „**verglaster Schieferthon**" oder „**Porzellan-Jaspis**" das Gestein wird **Feuerstein**- oder **Kieselschiefer**-artig (**Lydischer Stein**), oder endlich durch stärkeres Aufblähen, Verglasen und Einmengung nur theilweise so modifizirter Trümmer anderer Gesteine die „**Erdschlacke**" [2]).

Diese Veränderungen werden mit unbeständigen Modifikationen auch im Liasschiefer Schottlands und Irlands, am plastischen Thone der Auvergne (die sandigen Varietäten prismatisch) wie zu Ettingshausen im Vogelsgebirge und am Meißner in Hessen und am Molasse-Thon der Wetterau durch Basalt-Gänge, — am Liasschiefer auf Skye durch Syenit, — am Braunkohlen-Thone Böhmens durch Phonolith, — in nur geringem Grade am Kohlenschiefer von Wettin und Duttweiler, am Liasschiefer Württembergs und am plastischen Thone Böhmens durch Erdbrände hervorgerufen. — Der Molasse-Thon von Münzenberg in der Wetterau wird sehr fein und zierlich gelb-, roth- und weiß-gebändert, wie **Band-Jaspis**; Westgothlands Alaunschiefer wird vom Diorit ab porös, dann grau und am Stahle Funken

[1]) v. Leonhard's Felsarten, 500. — [2]) Das. 587, 597.

gebend, dann dunkler und endlich kohlenschwarz und geht in 6′ Weite in unveränderten Alaunschiefer über. Prismatische Absonderungen erfolgen selten und hauptsächlich nur, wenn das Gestein Sand-haltig ist (plastischer Thon in Hessen und zu Clermont; auch der Kohlenschiefer bei Newcastle in Schottland); zuweilen werden sie durch rhomboidale ersetzt, und diese überziehen sich mit Eisenoxyd (Liasschiefer Schottlands); zuweilen tritt ein blätteriges Gefüge deutlicher hervor (Braunkohlen-Thon durch Phonolith in Böhmen). Der Liasschiefer der Halbinsel Portrush in Irland wird durch Dolerit **Feuerstein**-artig, unter Beibehaltung seines Schiefer-Gefüges und seiner zahlreichen verkiesten Ammoniten.

Nimmt der Keuper-Mergel von Groß-Eder mehr Kalk-Theile auf, so wird er, statt in hartgebrannten Porzellan-Jaspis überzugehen, aufgeblähet, löcherig, in erdige Masse verwandelt, mit reichlichen drusigen Kalkspath-Trümmchen durchzogen (Fr. Hoffmann).

c. Der Thonschiefer scheint sich auf niederen Umwandelungs-Stufen zuweilen dem Verhalten des Sandsteins insbesondere Grauwacke-Sandsteins etwas zu nähern, oder sonst von dem obigen abzuweichen. Durch Basalt-Gänge wird er in der Eifel geborsten mit verglaster Rinde, bei Unkel und Siegen zu **Basalt-Jaspis**, bei Builth in Süd-Wales bald Feuerstein-ähnlich, bald weich und Zeichenschiefer-ähnlich, in Nassau weich und sehr zerklüftet. Fournet bezeichnet die Umwandelung des Thonschiefers in **Porzellanit** durch die glühende Minette mit **Kalzination** [1]).

Besonders interessant sind nach v. Leonhard die Veränderungen, welche der Dachschiefer bei Bränden der Gebäude erfährt, welchen er zur Decke gedient; weil sich hier nämlich manche Verhältnisse vereinigen, die sonst nicht gemeinsam auf ihn einwirken: Mangel alles Druckes, freier Luft-Zutritt und eine ziemlich schnelle Abkühlung: sie begünstigen die Schlacken-Bildung im höchsten Grade. So sind beim Brande des Heidelberger Schlosses Stücke solchen Schiefers, die am einen Ende nur 1‴ dick und völlig unverändert auch in der Farbe geblieben, am andern Ende bis zu ¾ und 1″ Dicke aufgebläht durch eine unglaubliche Menge kleinerer und größerer Blasen-Räume, verschlackt und oberflächlich verglast, manchen durch Basalt-Gluth umgeänderten Übergangs-Gebilden der Eifel vollkommen ähnlich [2]). Solche Musterstücke sieht man auch auf dem Schlosse.

Ausführlich findet man alle diese früheren Beobachtungen erzählt in v. Leonhard's „Basalten“ [3]).

---

[1]) Jahrb. *1838*, 97. — [2]) v. Leonhard's Basalte, II, 535.
[3]) II, 267, 277, 332, 374, 383, 402, 454, 455, 459, 463, 469.

d. Neuere Beobachtungen über Thonschiefer und Schieferthon:

	Ort.	Autor.	Jahrbuch.
Urschiefer-Masse in Diorit, Serpentin und Diallag-Gestein eingeklemmt und zu rothem **Jaspis** verändert	Ober-Albanien	Boué	***38***, 48.
Kohlen-Sch. durch Kohlen-Brand in dicken Lagen gebacken, gehärtet, im Bruche glasig, grün und ziegelroth gebändert	Dudley	Lyell [1]).	
„ durch Grünstein roth und violett gebrannt zu **Porzellan-Jaspis**	Ober-Schlesien, Kattowice	Zeuschner	„ 582.
Lias-Sch.-Einschlüsse in Basalt, Kopf-groß, mit *Posidonomya Bronnii*, gehärtet, verkieselt, in bläulich-graues **Jaspis**-Gestein	Donaueschingen	v. Buch	***32***, 224.
„ durch Porphyr, der zwischen seine Lager eingedrungen, dichter, grün und roth gebändert	Lyon	Lortet	***35***, 521.
Jura-Sch. von Serpentin in **Porzellan-Jaspis** verändert	Piemont	Sismonda	***37***, 73.
Schiefer-Thon des Karpathen-Sandsteins durch Trachyt in **Thonschiefer** verwandelt	Bieskiden	Zeuschner	***35***, 649.
„ „ „ „ „ Syenit u. Diorit gehärtet, dunkelgrau, fast schwarz	„	„	***34***, 24.
Schieferige Kalkmergel gleicher Formation werden durch gleiches Gestein aus Grau in gelb, roth und grün gebändert, wie **Band-Jaspis**	Teschen	„	„ 18.
Schiefer-Thon der Braun-Kohlen durch Erd-Brand rothgeglüht	Dazien	v. Meyer	***36***, 85.
Thon?-Einschlüsse in Dolerit?-Mandelstein unvollkommen gebrannten Ziegeln ähnlich; im ?Dolerite selbst Jaspis- und Chalcedon gangartig	Nova Scotia	Jackson	***33***, 341.

[1]) *Elements*, 244.

(F. 3.) Im Toskanischen besteht ein eigener Ausdruck für den durch feurige Kräfte umgewandelten Macigno-Sandstein und -Kalkstein. Man nennt diese Bildung **Galestro**, wenn sie erscheint als ein dichter und mit Eisenoxyd durchdrungener Kalkstein, abwechselnd mit rothem oder grauem Schiefer-Mergel, der durch Glanz und Härte an die alten Thonschiefer erinnert, und wenn diese beiden Gesteine von weißen Kalkspath- und Quarz-Adern durchzogen werden; wie dieß besonders da der Fall ist, wo die Macigno-Bildung vulkanische und durch diese umgewandelte Erzeugnisse berührt [1]).

Eben so betrachtet Savi den „**Verrucano**“ als einen auf ähnliche Weise umgewandelten [untern] Lias [2]), der bei noch weiterer Umwandelung zu **Gneis** wird. Es ist ein kieseliger Sandstein mit kieseligem, kalkigem und talkigem Binde-Mittel; zuweilen ein Pudding-Gestein mit manchfach gefärbten Kiesel-Stücken: zuweilen von sehr feinem Korne, alsdann jedoch fest und sehr hart. Schichtung schieferig, oft wellenartig; schimmernd; grünlich, bräunlich, röthlich und violett; Übergang in **Rothliegendes**, **Talkschiefer** und **Gneis**. Von der Detail-Beschaffenheit insbesondere auch dieser Übergänge theilt G. A. Klöden noch Manches mit [3]).

(F. 4.) **Thoneisenstein** sondert sich säulenförmig ab und ändert seine Farbe.

So in der Nähe eines Erd-Brandes in Staffordshire [4]). — Die flachen Thoneisenstein-Nieren bis von 1' Durchmesser, im sandigen Töpferthon von Groß-Almerode in Hessen unter Dolerit lagernd, sind außen mürbe und zerreiblich geworden, innen dagegen fester, der Kern in kurze dicke vierseitige Säulen gespalten, welche auf den flachen Seiten-Flächen der Nieren stehen; die Farbe ist von außen herein einige Linien tief gelblich-braun geworden, die Klüfte sind bläulich-schwarz [5]).

G. Das **Glühen** und **Schmelzen** hat auf plutonische und insbesondere krystallinische Gesteine einen sehr abweichenden Einfluß, indem sie, nun schneller erkaltend, als das erste Mal, eine weniger vollkommene krystallinische Bildung erlangen, glasig werden oder sich zersetzen. Wir berichten einen Theil der Fälle nach v. Leonhard's Basalten [6]).

---

[1]) Fr. Hoffmann in Karst. Arch. VI, 243; G. A. Klöden im Jahrb. *1840*, 508—514.

[2]) Ob Lias-Schiefer oder -Sandstein, ist nicht gesagt. Erstes wäre dem eingeführten Sprach-Gebrauch gemäßer; letztes stimmt mehr mit der Beschreibung des Gesteines überein.

[3]) Jahrb. *1840*, 508—514. — [4]) v. Leonhard's Basalte, II, 469.

[5]) v. Leonh. Bas. II, 286. — [6]) II, 413—446.

a. **Quarzfels** verliert in der Nähe eines Dolerit-Ganges auf Anglesea sein krystallinisches Ansehen [1]).

b. **Serpentin** erlangt ebendaselbst das Ansehen eines dunkelfarbigen Thones; einzelne krystallinische Blättchen liegen in der Masse zerstreut [2]).

c. **Syenit.** Durch Basalt-Gänge verliert am Habichtswalde der Feldspath an Frische und Glanz, der Quarz wird gefrittet; die Hornblende bildet dazwischen überall kleine sehr poröse Schlacken-Massen; zu Ramos in Mexico wird der Feldspath verglast; bei Darmstadt werden die im Basalt eingeschlossenen Bruchstücke Säulen-förmig abgesondert [3]).

d. **Granit** erfährt durch Basalt folgende Änderungen: an Granit-Trümmern im Basalt wird der Glimmer oft ganz zerstört, oder zu rothbrauner Substanz umgewandelt, die Quarz-Körner liegen in einem Feldspath-Teige, welcher halb Schmelz und halb Glas ist; im Innern der Granit-Stücke findet man ganz verschlackte Partie'n; der Glimmer wird bald roth (sein Oxydul wird zu Oxyd, wie bei künstlichem Glühen an der Luft und wie in blasigem Basalt), bald schwarz (das Oxydul bleibt solches, wie beim Glühen in geschlossenem Raume und in dichtem Basalt). Am Puy de Dôme zeigen die Einschlüsse eine dünne Schmelz-Rinde; an andern Stellen ist der Feldspath gefrittet, der Glimmer messinggelb und tombackbraun, oder umgewandelt in eine braunrothe Substanz mit Blätter-Gefüge; oder die Einschlüsse sind außen geschmolzen, innen zerborsten, ihre Gemengtheile lose und zerreiblich. Am Puy de Chopine ist der Granit auf 3'—4' Weite durch einen Dolerit-Gang rothgefärbt und durchaus mürb. An den Schnee-Gruben im Riesengebirge ist der Feldspath in der Nähe des Basaltes angegriffen und manche Granit-Einschlüsse haben das Aussehen wie aufgelöster Olivin [4]).

e. Der **Chloritschiefer** auf Anglesea wird von einem 60' mächtigen Basalt-Gange trümmerweise eingeschlossen, hart und hellklingend. Die Schichtung des in der Nähe anstehenden Gesteines ist verworren [5]).

f. **Glimmerschiefer.** Der strengflüssigste Glimmerschiefer Dalekarlieus mit graulich-weißem Glimmer und sehr Quarz-reich, in Schwedischen Hohöfen als Gestellstein benützt, wird bei schwachem Feuer nur wenig zerreiblich; aber durch die höchsten Hitze-Grade verwandelt er sich zu einer weißen, festen, schwachglänzenden Masse, die leicht zersprengbar und ganz einem gefritteten trüben Quarze ähnlich ist [6]). Am Kammerberg bei Eger werden Glimmerschiefer-Einschlüsse im Basalte umgeändert, geröthet, zerreiblich, in zarte fett anzufühlende Thon-Masse verwandelt. Reine Quarz-Einschlüsse sind nur oberflächlich geröthet, die im Glimmerschiefer sitzenden aber überschlackt. Andere Glimmerschiefer-Einschlüsse sind von Schlacke kugelartig umschlossen. Noch andere haben gleich vielen Quarz-Einschlüssen einen glasigen gelben und grünen Überzug [7]). — Zu Erris in der Grafschaft Mayo wird der Glimmerschiefer in der Nähe ihn

---

[1]) v. Leonh. Bas. II, 413. — [2]) a. a. O. 414. — [3]) Ebenda.
[4]) a. a. O. 416—429. — [5]) a. a. O. 433. — [6]) a. a. O. 520.
[7]) a. a. O. 434—437.

durchsetzender Porphyr-Gänge gestört, zersetzt, lichtgrau (während er sonst dunkel ist). Knight[1]).

g. **Gneis**. Im Vivarrais zu Thueyts stehen hohe Basalt-Säulen auf Gneis; zwischen beiden ist ein Wellen-förmiger Streifen schwarzen **Pechsteins**, mitunter 1′ dick, wozu der Gneis die nöthigen Elemente enthält und wozu er sich auch zuweilen bei Einwirkung künstlicher Hitze auf Gneis-Gestellstein umwandelt. Ob hieher auch der Pechstein mit glasigem Feldstein von Arran?. — Bei Rigg in Schottland brennt ein 30′ mächtiger Basalt-Gang den Gneis roth und macht ihn **Porphyr**-ähnlich[2]).

h. **Porphyr**. Der Pechstein (des Augit-Porphyrs?) im Triebisch-Thale bei Meißen durchbricht den Feldstein-Porphyr, reißt Bruchstücke desselben mit sich fort, rundet sie ab, umhüllt sie, macht ihre Substanz weit dichter und glasartiger, als die des anstehenden Porphyrs ist. Bei Tharandt und Zwickau sind diese Einschlüsse ganz abgerundet (**Sphärolithe**) und innen mit regelmäsigen Quarz-Drusen versehen[3]).

i. **Vulkanisches Konglomerat** wird am Mont-Dore durch Einwirkung der Trachyte prismatisch abgesondert[4]).

II. Mischungs-Aenderungen, Zersetzungen ohne wesentliche Veränderung der Felsart als solcher (ein allerdings sehr relativer Begriff) sind manchfach. Man kann dahin rechnen: a) Verflüchtigung von Wasser; b) von andern flüchtigen und nur zufälligen Gemengtheilen; c) Oxydation oder Desoxydation metallischer Beimengungen; und d) Entbituminisirung in verschiedenen Graden. Damit sind denn auch Änderungen des Gefüges, des Kornes, der Härte u. s. w. verbunden. Endlich erleidet die Felsart allmählich wesentliche Veränderungen.

a. Verflüchtigung von fester gebundenem Wasser findet zweifelsohne beim Glühen aller mehr erdig-thonigen Gesteine Statt (F 2).

b. Andere flüchtige und nur zufällige Gemengtheile sind in §. 102 (S. 324 f.) leicht zu übersehen: Schwefel, mehre Arsenik-Verbindungen, mehre Salze u. dergl.

c. Auch die Oxydation oder Desoxydation von Eisen und Mangan u. s. w. ändert die Gesteine nicht wesentlich um, wenn sie auch gleich die Verbindungs-Weise jener Metalle oft wesentlich modifizirt, ihre Farben ändert und die Festigkeit des Gesteins schwächt. Die Bedingnisse dieser Farben-Änderungen sind schon hin und wieder angedeutet (S. 316). Beispiele sind in diesem §. schon viele angeführt (S. 330 ff.).

d. Bitumen färbt die meisten Kalke, die Stinksteine, auch manche Thone graulich, schwärzlich, bis tief schwarz, ohne chemisch gebunden zu seyn. Daher das Erbleichen dieser an sich weißen Gesteine im Feuer, wenn sie nicht außerdem noch Metalle enthalten, welche bei den Kalksteinen nur im Falle starker Vermengung mit Thon vorzukommen scheinen.

[1]) Jahrb. *1836*, 221. — [2]) v. Leonh. Bas. II, 438.
[3]) Cotta, Jahrb. *1835*, 519. — [4]) v. Leonh. Bas. II, 464.

Wichtiger aber sind die Veränderungen, welche die Braun- und Steinkohlen durch die Hitze erfahren, indem sie hiebei, wie bei künstlichem Destilliren oder Verkoaken, ihren Bitumen-Gehalt verlieren, aber auch sonst in ihrer Mischung noch etwas geändert werden. Man sieht hiebei das **bituminöse Holz** in **Braunkohle** übergehen, dann die organische Faser-Textur der Braunkohle allmählich verschwinden, ihr Gefüge dichter, ihren erdigen und unebenen Bruch schimmernd, groß- und flach-muschelig, ihre Masse spröder werden, ihre braune Farbe in dunkle und endlich in Sammt- und Eisen-schwarze verlaufen, prismatische Absonderungen und zuweilen kleine Zellen entstehen, die Flächen mit Metall-Glanz anlaufen; so geht die Braunkohle gegen das Eruptiv-Gestein hin allmählich in Pech-, Glanz- und Stangen-Kohle über.

In großartigerem Maasstabe läßt sich dieß nicht beobachten, als am Meißner in Hessen, wo die 50′ mächtige Braunkohle von einem 350′—560′ mächtigen Basalt-Strome bedeckt wird und die Wirkungen des letzten, obschon noch durch eine ½′—5′ starke Lage stängelig gewordenen Thones davon getrennt, sich über 12′ weit in die Braunkohle hinab erstrecken. Die Stangen-, Glanz- und Pech-Kohle bilden je 2′—3′ dicke Lagen, die festere und schwärzere Braunkohle eine von 3′—4′, worauf noch gewöhnliche Braunkohle über bituminösem Holze liegt. Die Übergänge sind nicht ganz regelmäßig, sondern etwas wechsellagernd, streifenweise. Minder vollkommen sieht man die Übergänge am Hirschberge, am Habichtswalde und am Ziegenberge im Westerwalde, am Niederrhein in der Nähe des Phonoliths und in Böhmen. Man bemerkt, daß Basalt-Durchbrüche von nur 4′—6′ Fuß Mächtigkeit und Konglomerate nur wenig Wirkung hervorbringen, diese jedoch da stärker werden, wo es dem von unten bis zum Braunkohlen-Lager heraufgedrungenen Basalte gelingt, sie sattelförmig aufzuheben, zu zerklüften und zu verschieben [1]). Fortwährend finden solche Umwandlungen Statt bei den Kohlen-Bränden zu Marienberg in Nassau und zu Hering in Tyrol [2]).

Steinkohlen verlieren gegen die eruptiven Gesteine hin ihr Bitumen allmählich und endlich gänzlich, werden trockner, härter, metallglänzend, bunt beschlagen, sondern sich in Säulen von ½″ Dicke, — werden schlackenartig, sehr blasig, Coacks-ähnlich, entzünden sich nicht und brennen nicht mehr, — und verwandeln sich endlich in Asche oder Ruß. Am schönsten erscheint die Stufenfolge dieser Veränderungen in den von Doleriten und Basalten durchbrochenen Kohlen-Lagern Brittaniens, wo die Umwandlungen, welche mächtige Gänge hervorbringen, sich öfters erst in 30 Yards (zu 3′ Engl.) Ferne verlieren. So in Nord-England bei Cockfield Fell [3]), bei Durham, zu Walsall in Staffordshire, auf Anglesea, zu Newcastle, bei Bolam. Die Zellen füllen sich zuweilen mit Kalkspath und Schwefel. Durch künstliche Verkoakung sieht

---

[1]) Ausführlicher v. Leonh. Basalt. II, 277, 286—308, 463.
[2]) A. a. O. S. 470. — [3]) Sedgwick in *Cambr. Transact. II*, 37.

man dieselben Prozesse hervorgerufen [1]). In Antrim verwandelt ein Grünstein-Dyke die Steinkohle auf seinen beiden Seiten 9' weit in Coaks [2]). Zu Waldenburg in Schlesien sondern die Porphyr-Gänge die Steinkohlen in säulenförmige Massen ab [3]).

I. Transkrystallisation, eine Umschmelzung, so daß aus der geschmolzenen Masse Mineralien in dem Grade herauskrystallisiren, daß die Felsart als solche durch Gruppirung und Art der Mineralien geändert wird. (Von ihrer Änderung durch Ausbildung der Mineralien war unter E die Rede. Sodann müssen wir hier auch nochmals der Braun- und Stein-Kohlen (H) erwähnen, welche hier mit aufgezählt werden können, sofern durch die Hitze wenigstens die Kohlen-Art geändert wird.)

a) Vor allen andern ist hier der **Thonschiefer** merkwürdig, dessen schwächeren Umwandlungs-Stufen wir schon §. 104, F 2 mitangegeben haben, der aber bei stärkerer Erhitzung unter genügendem Drucke in die manchfaltigsten anderen Gesteine überzugehen vermag, wozu ihm seine Zusammensetzung aus feingeriebenem Quarz, Feldspath, Hornblende und Glimmer den Stoff bietet.

Nach Frick's Zerlegung des Übergangs-Thonschiefers von Goslar am Harze, von Bendorf bei Koblenz und von Lehsten in Türingen ist derselbe aus folgenden Theilen zusammengesetzt:

	Goslar	Bendorf	Lehsten
Kieselsäure	0,600	0,627	0,646
Thonerde	0,148	0,169	0,172
Eisenoxyd	0,090	0,084	0,074
Talkerde	0,044	0,023	0,023
Kalkerde	0,005	0,002	0,002
Kali	0,028	0,033	0,029
Wasser	0,044	0,040	0,042
Kupferoxyd	0,003	0,001	0,003
Kohlensaurer Kalk	0,024	0,012	0,005
Kohle und Verlust	0,014	0,009	—
	1,000	1,000	1,006

wornach sich zwar keinerlei gleichbleibendes Verhältniß zwischen den Bestandtheilen auffinden läßt, wie bei einfachen Mineralien, sich aber dennoch für eine gemengte Felsart überraschende Beständigkeit der Zusammensetzung an so verschiedenen Fundstellen ergibt, welche übrigens nach Frick's Ansicht in mit dem Glimmerschiefer geologisch verbundenem sogen. Urthonschiefer noch mehr zu erwarten seyn würde, da ihm solcher nur eine reine

[1]) v. Leonh. II, 369. ff.; 520—522. — [2]) *Geol. Trans.* A. III, 206.
[3]) Boué, Jahrb. *1834*, 401.

Glimmer-Masse oder ein Gemenge von Quarz und Glimmer zu seyn scheint [1]). Auffallend genug stimmt übrigens mit der Zusammensetzung des Thonschiefers jene des Kohlenschiefers überein, welche wir S. 365 mittheilen werden.

Fournet unterscheidet noch einen eruptiven und einen metamorphischen Thonschiefer. Erster ist nur ein blättriger Granit mit überschüssigem Quarze. Den gewöhnlichen hält er für ein Reibungs- und Wiederauflösungs-Erzeugniß der ersten sich selbst wieder zertrümmernden Erdrinde (vergl. unsere Ansicht über die metamorphischen Schiefer, S. 137 ff.). Durch ihr abermaliges Umschmelzen und langsames Auskrystallisiren kann er sich zu Glimmer, Chlorit, Talk, Hornblende, Idokras, Epidot u. s. w. ausbilden [2]). Auch Schieferthone können sich wie Thonschiefer verhalten. So verwandelt sich dann

1) Thonschiefer in **Glimmerschiefer** mancherlei Art, mit allen Zwischen-Abstufungen von unverändertem Thonschiefer durch Atlas-glänzenden und glimmrigen Thonschiefer zu reinem Glimmerschiefer, auf den Umwandlungs-Stufen gewöhnlich reich an Andalusit, Chiastolith, Disthen, Fibrolith, Granat, Turmalin, zuweilen auch Graphit. Folgende Beobachtungen dienen als Belege:

Thonschiefer-Bruchstücke von schlackigen und blasigen Basalten umwickelt, am Hohenfels unfern Gerolstein in der Eifel, am Hinkels-Moor und bei Nieder-Mendig, gehen in Glimmer über mit allen Abstufungen von dem Grade bloßer Glühung an bis zu den vollendeten Glimmer-Krystallen, wie zuerst Mitscherlich an erstgenanntem Orte und dann auch v. Leonhard an andern beobachtet haben [3]).

Der Thonschiefer des Berges Bel-Air unterhalb Tarare zeigt in der Nähe der Porphyr-Massen zahlreiche Abänderungen in bronzirtem Glimmer und in seinen chloritischen Glimmer als Umhüllung von Feldspath-Krystallen, und tritt wieder in seine einfachen Verhältnisse zurück, wie er sich aus dem Bereiche der Porphyre entfernt. Im Wasserlosungs-Stollen von St. Bel ist der Thonschiefer zu Chlorit abgeändert, wie er in den Teig eingetaucht erscheint, welcher sich zu Quarz krystallisirt hat [4]).

Der Thonschiefer in Galloway wird durch zahlreiche 1 bis 50 Yards mächtige Gänge von Granit gewunden, gebogen und verworfen und auf 1'—2' Entfernung von denselben oft ganz in Glimmerschiefer verwandelt [5]).

Der Thonschiefer bei der Kapstadt wird da, wo ihn der Granit begrenzt, von vielen bis 1' mächtigen Gängen desselben durchdrungen, in deren Nähe er ungewöhnlich hart, sehr glimmerreich und mitunter von krystallinischem Gefüge wird [6]).

Der Thonschiefer und Grauwackeschiefer des Harzes werden in der Nähe eindringenden Diabases (Hypersthen und Saussurit mit Chlorit) zu

---

[1]) Jahrb. *1836*, 399. — [2]) Jahrb. *1837*, 325. — [3]) Basalte *II*, 244.
[4]) Fournet, Jahrb. *1838*, 97.
[5]) v. Leonh. Bas. *II*, 448 nach uns unzugänglichen Quellen.
[6]) J. Davy > v. Leonh. Bas. *II*, 452.

Kieselschiefer gehärtet und durch Aufnahme von Chlorit (welche Aufnahme nach den übrigen Erfahrungen nicht nöthig scheint) in glimmerigen Schiefer verwandelt [1]).

Am Gotthard und Col von Nuffenen hat v. Charpentier Belemniten in kalkig thonigen Schiefern entdeckt, welche gewissen Glimmerschiefern sehr nahe stehen, Granaten einschließen und mit körnigem Kalke wechsellagern, was Alles nur durch die Annahme einer Umwandelung aus Liasschiefern sich erklären läßt [2]).

Der **Bündtner-Schiefer**, ein der untern Kreide angehöriger bald thoniger, bald sandiger, bald kalkiger Mergelschiefer mit Fucoiden (den F. Targioni und F. aequalis sehr ähnlich) geht über gangartig aufsteigendem Serpentin in Bündten sehr häufig in, mit ihm und Kreidekalk gleichförmig gelagerten, **glänzenden Thonschiefer, Glimmerschiefer** und **Talkschiefer,** und jener in Davos bei vorherrschendem Quarze in **Quarzit**, anderwärts in **Gneis** und **Granit** über. Am Weißhorn sieht man ein buntes schiefriges Gemenge von weißem Quarz und rothem Jaspis mit rothem und grünem Thonschiefer, welcher durch Ausbildung von Feldspath-Krystallen in **Gneis** übergeht [3]).

Nachdem es durch Petrefakten erwiesen, daß der karrarische Marmor nur ein umgewandelter Jurakalk sey, kann es nicht mehr zweifelhaft bleiben, daß der dazwischengelagerte Glimmer- und Thon-Schiefer aus einem andern Jura-Gestein, etwa Lias-Schiefer, gebildet worden [4]).

Bei Öderan und Kirchberg in Sachsen sieht man in der Nähe von eruptivem Porphyr, Grünstein und Kalk den Thonschiefer ohne nachweisbare Grenze in Glimmerschiefer übergehen, indem er mehr Glanz annimmt, als ein Aggregat höchst feiner Glimmer-Blättchen erscheint, und der Quarz anfängt, ihn in 1''' bis einige Zoll dicken Lagen zu durchziehen, welche sich dann immer feiner vertheilen, bis der Glimmerschiefer fertig ist. Jene Abänderungen, wo der Quarz in größeren Linsen- und Plattenförmigen Lagen erscheint, könnte man als einen gigantisch ausgebildeten Glimmerschiefer bezeichnen [5]).

Bei Alençon unfern Paris sieht man den herrschenden Dachschiefer, welcher bald auf Granit, bald auf sich ebenfalls veränderndem Karadok-Sandstein ruht und zum untern silurischen Systeme gehört, in krystallinischen **Chiastolith-Schiefer** übergehen, sobald er sich dem Granite nähert. Zu Rennes herrschen blättrige zarte Thonschiefer aus dem obersilurischen Systeme bis gegen Fougères, wo sie von zwei mächtigen Granit-Dykes durchsetzt werden. Mit der Annäherung an dieselben, in einer Ferne von 3 Kilometern beginnend, wird der Schiefer körnig und glänzend, die Schichtung verliert sich immer mehr, die Klüfte nehmen zu, das Gestein wird endlich zu einem kompakten Glimmerfels, **Micacit**, ganz mit kleinen

---

[1]) Hausmann, Jahrb. *1839*, 599.
[2]) Lardy, Jahrb. *1833*, 702. B. Studer, Jahrb. *1837*, 670.
[3]) Studer, Jahrb. *1834*, 507. 639; *1837*, 598. 600. 670.
[4]) Jahrb. *1834*, 563 ff. — [5]) B. Cotta, Jahrb. *1834*, 36.

Chiastolithen durchsäet (hätte der Schiefer Überfluß an Kieselerde enthalten, so würde Glimmerschiefer statt Micacit entstanden seyn). Um Pontivy sieht man Kohlen-reiche Schiefer-Gesteine des kambrischen (? wohl untersilurischen) Systems allmählich eine faserige und krystallinische Textur annehmen und endlich in Chiastolith-Schiefer übergehen, worin noch Abdrücke von Orthis und Trilobiten neben den Chiastolithen liegen: Alles im Verhältnisse, wie sie sich den Ergießungen von Euryt und verwandtem Feldspath-Gesteine nähern [1]). — Daß die Thonschiefer in der Nähe des Granites häufig Chiastolithe und verwandte Mineralien auch in Spanien ausbilden, hatte Hausmann schon vorher beobachtet [2]). Nach Jackson wäre der Chiastolith (0,330 Kieselerde, 0,610 Thonerde, 0,040 Eisenprotoxyd, 0,015 Wasser) nur eine Abänderung des Andalusits, welcher durch störende Ursachen und durch Krystallisiren in gelatinirendem Mittel die Form einer natürlichen Mosaik angenommen [3]), und Bunsen bestätigt die Übereinstimmung ihrer Zusammensetzung aus 40,03 bis 40,66 Kieselerde und 59,34 bis 59,97 Thonerde = $\ddot{A}l^4\ \dddot{S}i^3$ [4]).

Nach L. v. Buchs Versicherung sind auch Fr. Hoffmann, B. Studer, H. v. Dechen, Al. v. Humboldt, Elie de Beaumont, wie zweifelsohne er selbst, der Ansicht, aller [?] Gneis und Glimmerschiefer seyen umgewandelte Schiefer-Gesteine [5]).

2) Thonschiefer wird **Hornblende.**

Itier betrachtete schon 1833 das Hornblende-Gestein von Bagnères als einen geschmolzenen und umkrystallisirten Thonschiefer [6]). An der Cassie-Brücke zwischen Chessy und l'Ertrat erleiden Bruchstücke grauen Thonschiefers in Berührung mit Quarz-Porphyr erst verschiedene Umänderungen und verwandeln sich dann definitiv in schöne dunkelgrüne Hornblende-Krystalle [7]). — Bei Penzance in Cornwall durchdringen Granit-Gänge vielfältig den Thonschiefer und verwandeln ihn (bald in Gneis, wovon oben, bald) in Hornblende-Schiefer und Grünstein, welcher so veränderte Thonschiefer den Namen **Killas** führt [8]). — Auch Mac-Culloch [9]) berichtet von Schottland, daß der Thonschiefer in der Nähe des Granites oft kieselig und an den Berührungs-Stellen in Hornblende-Schiefer umgewandelt werde. — Thonschiefer in der Nähe eines Diorit-Durchbruches bei Boppard am Rhein wird auf 4'—5' Weite verändert, fester, zeigt auf den Kluft-Flächen knotige Erhabenheiten und Vertiefungen, durch Anhäufung von Feldstein und Hornblende entstanden, welche um so kleiner und häufiger werden, je näher dem Diorit [10]).

3) Thonschiefer wird zu **Chloritschiefer,** in welchen er durch einen grüngefärbten Thonschiefer übergeht [11]).

[1]) P. Boblaye, Jahrb. *1838*, 716. — [2]) Jahrb. *1837*, 685.
[3]) Jahrb. *1838*, 90. — [4]) Jahrb. *1840*, 482. — [5]) Jahrb. *1833*, 103.
[6]) Jahrb. *1835*, 229. — [7]) Fournet, Jahrb. *1838*, 97.
[8]) v. Leonh. Bas. II, 451; Lyell, *Elem.* 244.
[9]) *Syst. of Geol. I*, 211. — [10]) Nöggerath, Jahrb. *1838*, 565.
[11]) Fournet, Jahrb. *1837*, 529.

4) Thonschiefer wird zu **Talkschiefer**, mit Übergängen durch fettglänzenden oder gehärteten Thonschiefer. Der Talkschiefer nimmt ihn charakterisirenden Schillerspath und Granaten auf [1]).

Ein Beispiel der Umbildung von Schieferthon auf diese Weise ist schon oben aus Bündten (S. 350) angeführt.

5) Thonschiefer geht durch **faserige Schiefer in Asbest über** [2]).

6) Thonschiefer wird **Kieselschiefer-ähnlich**.

Thonschiefer, welcher zur Füllung hinter dem Kernschachte eines Eisenhohofens der Hütte zum Mägdesprung im Anhaltischen diente, hatte durch lange Einwirkung der Hitze, ohne in Fluß gerathen zu seyn, ein kieselschieferiges Ansehen bekommen, sehr ähnlich dem Gestein, welches sich oft in der Nähe von Diorit zeigt, wo dieser mit Thonschiefer in Berührung ist [3]). — Kohlen-Schiefer wird in der Nähe von Basalt-Dykes in Nord-Irland zu Kieselschiefer (Flinty slate); ebenso Lias-Schiefer [4]).

7) Die vollständigsten und manchfaltigsten Übergänge der Art zeigt der Petrefakten-reiche Thonschiefer an der Westseite des Golfes von Christiania.

Granit und Syenit durchbrechen ihn und verändern ihn auf eine Breite von 50—400 Ellen. Der Alaunschiefer wird hart und Feuerstein-artig, zuweilen ein wirklicher **Jaspis**; Wechsellager von grünem und Chokoladebraunem Schiefer geben **Band-Jaspis**; der Schiefer nimmt bis auf einige hundert Ellen von Granit entfernt Hornblende-Krystalle auf und zwar in solcher Menge, daß man das Gestein für alten **Hornblendeschiefer** zu halten geneigt wird. Zwischen Granit und Thonschiefer finden sich häufige Glimmer-Theile und krystallinischer Feldspath ein, und die Fossil-Reste werden undeutlich. Zuweilen verwandelt sich die kieselige Materie des Schiefers in körnigen Quarz und, wenn Hornblende und Glimmer hinzutreten, verwischt sich die Schichtung und es entsteht eine Art **Granit**. Zuweilen erscheinen Granaten [5]). Die Umwandelung silurischer und verwandter Gesteine durch Granit und Syenit in den Malvern Hills, Worcestershire, in **Gneis, Glimmer- und Chlorit-Schiefer** findet man ausführlich beschrieben von Murchison [6]).

8) Thonschiefer wird zu **Porphyr**.

Der Thonschiefer der „Bruchhäuser Steine" bei Arnsberg wird da, wo er von dem ihn durchbrechenden Feldstein-Porphyr in Stücken eingeschlossen wird, bis auf kleine Partie'n und stellenweise gänzlich in Porphyr

---

[1]) Fournet, Jahrb. *1837*, 529. — [2]) Fournet, Jahrb. *1837*, 529.
[3]) Hausmann, Jahrb. *1837*, 591.
[4]) *Geol. Transact.* A. III, 205; Conyb. im Jahrb. *1832*, 326.
[5]) Keilhau, *Gaea Norweg.* 64—63 > Lyell, *Elem.* 501 u. a.
[6]) In seinem Silurian-System, 425.

umgewandelt, welcher aber noch Schiefer-Gefüge behält [1]). Ob hiebei noch ein Durchdringen stattgefunden? — In den Cambrian mountains geht ein grüner Dachschiefer in Porphyr über, welcher mit jenem nur eine Formation ausmacht, indem er sich zugleich prismatisch absondert, aber noch Schiefer-Gefüge behält [2]). — Der Übergangsschiefer von Framont wird in der Nähe der ihn durchbrechenden Porphyre Eurit-artig [3]).

9) Thonschiefer wird zu **Gneis** (vergl. S. 350, auch 365).

10) Umwandlung von Thonschiefer in ein **nicht genanntes Gestein.**

Bei Plas Newydd auf Anglesea ändert ein 134′ mächtiger Basalt-Gang den Thonschiefer auf 50′ Weite um, zuerst in einen weichen, dunkelfarbigen, dünnblättrigen, plastischen Thon, welcher in 30′ Weite sich zu einem sehr harten Schiefer umgestaltet, dann innerhalb 10′ Abstand Feuerstein-artig (chert) wird mit splittrigem Bruche und schwarzbrauner fleckiger und streifiger Färbung; noch näher heran wird er röthlich, Porzellan-ähnlich mit muscheligem Bruche, Glas-ritzend, spröde; und endlich in unmittelbarer Nähe des Basaltes wird er dem verglas'ten Kohlenschiefer, Porzellan-Jaspis sehr ähnlich, grau gestreift parallel zur früheren Schieferung. Diesen Thonschiefer bedeckt ein Kalkstein und darüber folgt wieder Thonschiefer, welcher stellenweise Feuerstein-artig, theils verworren krystallinisch geworden und mit kugeliger Struktur, von der Festigkeit erhärteten Thones. Er ist unrein weiß; die Kugeln sind $\frac{1}{10}''-\frac{3}{10}''$ dicke undeutliche Trapezoeder; außerdem sind andere Krystalle vorhanden, wahrscheinlich von Granaten, die durch Einwirkung des Basaltes (wie man öfters findet) entstanden sind [4]).

b) Eine andere Reihe von Umwandlungs-Stufen bieten uns die Sandsteine. Von ihren unvollkommenen, nur gefritteten oder geschmolzenen, aber nicht krystallisirten Stufen, war schon S. 336 ff. die Rede. Sie sind aber bei langsamer Abkühlung auch im Stande, sich zu einem **krystallinischen Quarz-Gesteine** zu gestalten, aus welchem sich, wenn es vorher auch Feldspath-Körner, Glimmer oder Talk enthielt, auch diese ohne oder mit Umwandelung ausscheiden, (manchmal auch von unten hinzutreten mögen,) und dann **Greisen** (Hyalomycte) und manche, hauptsächlich **talkige Glimmerschiefer** bilden [5]). Auch **Gneise** können so entstehen.

1) Beispiele von zu **krystallinischem Quarzfels** gewordenen Sandsteinen sind schon oben gelegentlich angeführt (S. 339, 340).

---

[1]) Nöggerath und Löwe in Karst. Arch. III, 95 > v. Leonh. Bas. II, 460.

[2]) Sedgwick, Jahrb. *1833*, 445. — [3]) Voltz, Jahrb. *1834*, 399.

[4]) Henslow, nach v. Leonh. Bas. II, 402 ff; die Urquelle in den *Cambr. Transact.* I, 359 ist mir unzugänglich.

[5]) Fournet, Jahrb. *1837*, 530.

Namentlich ist an den körnigen Quarzschiefer zu erinnern, in welchem ein Sandstein in **Assam** durch Granit umgewandelt wird [1].

2) Sandstein wird zu **krystallinischer Masse, Gneis- und Glimmerschiefer-ähnlich.**

Hausmann beschreibt die Umwandlung von Sandsteinen aus dem Gestelle eines ausgeblasenen Eisenhohofens am Harze. Anfangs zeigt er noch Korn und gelbliche Farbe, dann eine völlig dichte gefrittete Masse, geht aus dieser in eine löcherige krystallinische über, deren Zellen mit kleinen krystallinischen Tafeln von perlgrauer Farbe, Perlmutterglanz und einem deutlichen Blätterdurchgange überkleidet sind, welche vor dem Löthrohre unter einigem Aufwallen leicht schmelzen und mit Glimmer Ähnlichkeit haben. Das Kali zur Bildung des krystallinischen Silikates war entweder (in Feldspath-Körnern) im Sandsteine schon vorhanden, oder ist aus der Asche der Kohlen des Ofens hinzugetreten [2].

3) Sandstein wird **Glimmerschiefer-artig.**

Der Karpathen-Sandstein wird zu **Szlachtowa** durch Trachyt so umgewandelt, daß er in Handstücken die größte Ähnlichkeit hat mit Glimmerschiefer, welche erst bei näherer Betrachtung verschwindet [3]. — Die Grauwacke-Schiefer **Westmoorelands** wird an der Granit-Grenze in ein Gestein verwandelt, das die Charaktere des **Killas** in **Cornwall** (eines zwischen Thon- und Glimmer-Schiefer hin und her schwankenden Gesteines) trägt. Die Veränderung verliert sich erst in großer Entfernung, wo auch die organischen Reste des Grauwacke-Schiefers wieder deutlich werden [4].

4) **Sandstein wird Talkschiefer-artig.**

Der Macigno-Sandstein der Apenninen **Toskana's**, von Eurit-, Granit-, Serpentin- und Diorit-Gängen durchsetzt, wird härter, kieselreicher, verwandelt sich in eine kieselig-kalkige krystallinische Felsart, oder, wenn sich der Talk mehr entwickelt, zu einem Talkschiefer oder knolligen Talkschiefer [5].

5) Sandstein wird **Gneis**-artig.

Wo in **Cornwall** und den **Schottischen** Blei-Bergen Granit durch die Grauwacke emporsteigt, bildet sich aus dieser eine Zone Gneis-artigen Gesteins [6]. Im **Bramaputra**-Thale **Indiens** sieht man einen Sandstein, dessen Basis erdiger Feldspath seyn soll, mit Feldspath-Krystallen durch Einwirkung ihn durchsetzender Quarz-Gänge blättrig werden und in eine Art Gneis übergehen [7].

c) **Trachyt-Konglomerate und Tuffe** werden zu einer dichten **Pechstein-artigen** Masse voll Krystallen glasigen Feldspaths und bronzirten Glimmer-Blättchen umgewandelt.

---

[1]) **Mac Cleland**, Jahrb. *1838*, 586. — [2]) Jahrb. *1837*, 592.
[3]) **Zeuschner**, Jahrb. *1833*, 318. — [4]) **Sedgwick**, Jahrb. *1835*, 724.
[5]) **Savi**, Jahrb. *1834*, 364. — [6]) **Conybeare**, Jahrb. *1832*, 324.
[7]) **Mac Cleland**, *1838*, 586.

So durch Basalt-Ausbrüche auf Ponza und Palmarola [1]).

§. 105. **Chemisch-materielle Aenderungen durch elastisch-flüssige Ausbruch-Stoffe.**

A. Elastisch-flüssige Ausbruch-Stoffe ändern die durchbrochenen durch materielle Einwirkung mittelst einfacher Verbindung (Zämentation), mittelst Entziehung von Bestandtheilen (Extraction), mittelst Austausch der Säure oder Austausch der Basis. (Von der erweichenden Wirkung heißer Wasser-Dämpfe war schon §. 104 D die Rede).

B. **Zämentation:** verdampfbare Stoffe durchdringen andre feste auf mehr oder weniger gleichförmige Weise und verbinden sich mechanisch oder chemisch damit. Man setzt gewöhnlich einen erweichten Zustand des Gesteines voraus, wie er §. 104 D angedeutet worden; indessen scheint dieß keineswegs nothwendig, da solche Zämentationen auch auf galvanischem Wege bewirkt werden können (vergl. S. 219 u. a.).

a) Wegen solcher verdampfbarer Stoffe vgl. §. 102.

b) In Schmelz-Werken sieht man Kohle in Dampf- (oder höchst feiner Staub- ?) Form mäßig erweichtes Stab-Eisen gleichförmig durchdringen, in dessen Blasen jedoch sich mehr anhäufen (**Kohlen-Eisen**, Stahl-Bereitung). — Ebenso vermag Bleiglanz in hoher Hitze sich durch Thon gleichmäßig zu vertheilen. — Magnesia alba in einem etwas eisenhaltigen Thon-Tiegel geglüht, wird bis in ihre innerste Masse eisenhaltig [2]). — Bleioxyd gelangt in manchen Schmelzöfen des Oberharzes in Dampf-Form in die Sohlen aus Buntem Sandsteine [3]).

C. **Umtausch der Säure.** Es ist theoretisch anzunehmen, daß, wenn Schwefelsäure-Dampf mit kohlensaurem Kalkstein in Berührung kommt, er dessen Kohlensäure austreibe und sich mit der Kalkerde zu Gyps verbinde.

a) Beobachtungen in der Nähe noch thätiger Solfataren bestätigen dieß manchfaltig, wo zahlreiche Adern des schönsten spätigen Gypses in Thon u. s. w. offenbar durch aufsteigende Schwefeldämpfe entstehen, obschon das Detail des Processes noch näherer Beobachtung bedarf.

b) Gueymard leitet auf diese Weise auch die, mit dem in Dolomit verwandelten Lias-Kalk vorkommenden, Gypse im Isère-Departement ab, welche theils wasserhaltig, theils wasserfrei sind. Ihre stellenweise Durchmengung mit kohlensaurem Kalk und oft der Einschluß eines Kernes von kohlensaurem Kalk scheint ihm unter Andern noch besonders dafür zu

[1]) Poulett-Scrope in *Trans. Geol. Soc. Lond.* II, 195 ff. > von Leonh. Bas. II, 465.

[2]) Fournet, Jahrb. *1839*, 728. — [3]) Hausmann im Jahrb. *1837*, 592.

sprechen [1]); wogegen Coquand geltend macht, daß diese Lias-Gypse nur an einer oder der andern der zahlreichen Stellen ihres Vorkommens in Südfrankreich mit eruptiven Gesteinen in Berührung stehen, daß sie mithin weder vom Vorkommen der letzten abhängen, noch diese eine solche Umwandlung gewöhnlich zu bewirken pflegen, daß zu Sisteron u. a. a. O. in den Basses-Alpes das Kreide- (Necomien-) Gebirge in übergreifender Lagerung die Lias- und deren eingeschlossene Gyps-Schichten bedecke, so daß beide mithin zu verschiedenen Zeiten gehoben worden seyen, aber nirgends finde man auf weitern Strecke, wo die Überlagerung sichtbar, daß die Gyps-Bildung in das Kreide-Gebirg übergreifen, wie doch der Fall seyn müsse, wenn nach Gueymard die mit den Spiliten (vgl. S. 359) erst in der Tertiär-Zeit ausgebrochenen schwefelsauren Dämpfe den kohlensauren Kalk in Gyps verwandelt haben sollten [2]).

D. Von theilweisem **Umtausch der Basis** würde vielleicht der Dolomit ein Beispiel liefern, wovon in einem besondern Abschnitt (S. 358 ff.).

E. **Extraction.** Finden saure Dämpfe, wie Schwefelsäure, Salzsäure u. s. w. leichter auflösbare Basen mit anderen Stoffen zu Mineral- oder Fels-Arten verbunden vor, so werden sie sich der ersten bemächtigen, um schwefelsauren Kalk oder salzsauren Kalk, schwefelsaure Thonerde u. s. w. zu bilden und vielleicht der Volumens-Vermehrung wegen aufzublähen, oder je nach den Graden der Hitze, der Verdampfbarkeit oder Löslichkeit der neuen Verbindung oder des Residuums diese in der Nähe absetzen, oder sie verflüchtigen, und in beiden Fällen das Gestein zerfressen und lockern, dem sie einen Bestandtheil entzogen haben. Beispiele dazu und für verwandte Fälle bieten die folgenden Beobachtungen, denen es aber zum Theile an chemischer Prüfung gebricht (Bildung von **Thon, Alaunstein, Tripel** u. s. w.).

a) Die schwarzen Marmor-Platten, womit die Leitungen des heißen Wassers (= 50°—60° R. nach Benzenberg) im Kaisersbade zu Aachen und im Schwerdtbade und Bade zur Goldmühle in Burtscheid gedeckt sind, und welche nur mit den Dämpfen, nicht mit dem Wasser selbst in Berührung kommen, sind auf ihrer untern Fläche erweicht, so daß man daselbst eine schwarze breiartige Masse aus kohlensaurem Kalke, Eisenoxyd, Thonerde und Kohle abnehmen kann, welches die Bestandtheile jenes Marmors selbst sind. Auch etwas Gyps und Schwefelwasserstoffgas, aus den Dämpfen selbst aufgenommen, gab sich kund. Das Wasser enthält unter 16 Bestandtheilen vorwaltend Kochsalz.

b) Finden aber kohlige Körper, welche in der Hitze der Verdampfung fähig sind, auf ihrem Wege Metalloxyde vor, so können sie solche mehr oder

[1]) *Bullet. géol. 1840*, XI, 432—452. — [2]) Daselbst, S. 386—388.

weniger desoxydiren (**Reduktion**); selbst ohne Schmelzung. Eisenerz mit wenig Kohle einer lange fortdauernden Hitze ausgesetzt, verwandelt sich ohne zu schmelzen in metallisches Eisen [1].

c) Die Trachyte der Solfatara des **Vesuvs** werden durch Dämpfe von Schwefelwasserstoffgas und Salzsäure weiß, porös, blätterig, bienenzellig, und endlich in ein kieseliges Pulver verwandelt [2].

Am Vesuve werden die Laven durch Wasserdämpfe und Schwefelsäure [H. Davy fand diese und Salzsäure] unter Bildung von Gyps-Krystallen zersetzt [3]. Bruchstücke einer vesuvischen Lava von 1794, welche durch saure Dämpfe 2 — 3 Linien tief gebleicht und theils auch, bis auf die wohlerhaltenen Augit-Krystalle, gänzlich zerstört ist, führt v. **Leonhard** an [4]. — Schwefeldämpfe verwandeln am Pick von **Teneriffa** den Trachyt in weißen Thon, wahrscheinlich auch zu Alaunstein [5]. Schwefelige Dämpfe bleichen die Trachyte, salzsaure färben sie schwefelgelb, sogar ihre Feldspath-Krystalle. Schwefelige Dämpfe verwandeln einen schwarzen Basalt auf Java in eine weiße lockre Masse.

d) Die Bildung des **Alaunsteines** ist ein zusammengesetzterer, noch nicht genau erforschter Prozeß. Im **Beregher** Komitate **Ungarns** sieht man nämlich unverkennbar Sandstein in Alaunfels übergehen, welcher seinerseits unzusammenhängende Massen bildet, auch in Gesellschaft von Gyps erscheint. Der Sandstein selbst dient auch noch mit zur Alaun-Gewinnung. J. **Grimm** findet es wahrscheinlich, daß schwefelsaure Dämpfe, welche sich daselbst entwickeln, den Feldspath und Thon-Gehalt des Sandsteines zersetzen, sich damit verbinden, den Quarz härten und das Gestein im Ganzen bald dicht lassen, bald durchlöchern und aufblähen [ausfressen?] und bunt färben. An den Zellen-Wänden sitzen Krystalle von Alaunstein. In der Tiefe geht der Alaun-Fels durch Zunahme von Rotheisenstein in einen porösen Eisenstein über, in dessen Zellen ebenfalls Alaunstein-Krystalle sitzen. Die Entstehung des Alaunsteins aus dem benachbarten Trachyte ist dem genannten Geologen demnach nicht wahrscheinlich [6]. Doch scheint auf den **Liparischen** Inseln kaum Raum für eine andere Annahme zu seyn. Durch mit **Schwefelwasserstoffgas** beladene Wasserdämpfe auf **Vulcano** [untersucht von **Daubeny**] werden die schwarzen harten Obsidian-Massen in schneeweißen dichten Thonstein verwandelt (auf dessen Klüften haben sich Schwefel-Gebilde und Gyps-Kryställchen angesetzt). Auf **Lipari** ist durch ähnliche Dämpfe, welche aus Fumerolen fortwährend aufsteigen, eine dunkle Feldspath-Lava zu einem grob-erdig körnigen, fast **Tripel**-ähnlichen Gesteine geworden. Der nahe Tuff zeigt sich gelblichweiß, sehr uneben, und rauhe Knollen eines an Opal oder Pechstein erinnernden Gesteines treten unregelmäßig daraus hervor. Die Tuff-Masse ist überall von seidenglänzenden Gyps-Trümmern durchzogen. Sehr häufig erscheint der Tuff längs den Abhängen in eine schmierige, unrein ockergelbe Thon-Masse umgewandelt und ist auch dann voll Gyps-Blättern und Fasergyps-Schnüren [7].

[1]) Muschet, Jahrb. *1837*, 123. — [2]) Daubeny, *volc.* 169.
[3]) Donati, Jahrb. *1833*, 577. — [4]) Bas. II, 227. — [5]) v. Buch, Kanar. 232.
[6]) Jahrb. *1837*, 556. — [7]) Fr. Hoffm. Jahrb. *1834*, 71, 73.

Eben so auf Polinos —, Kimolos und Milos unter den Cycladen, wie sie Russegger beschreibt [1]).

E. **Dolomisation.** Da wo in den Tyroler Gebirgen und an der Südseite der Alpen die schwarzen Porphyre mit dichtem Jurakalkstein in Berührung kommen, nimmt dieser mit einem ansehnlichen Gehalte an Talkerde unter dem Verluste seiner Schichtung und seines Bitumens und Verwischung seiner organischen Einschlüsse eine hellere Farbe, ein krystallisirt-körniges Gefüge (aus lauter Bitterkalk-Rhomboedern), eine zellige Beschaffenheit und eine senkrechte Zerklüftung an, welche letzten zwei Eigenschaften sich durch Mittelstufen oft sehr ins Große bis zur Bildung zahlreicher und weitererstreckter Höhlen entwickeln: es entsteht **Dolomit.** Das ganze Gestein gewinnt ein aufgeblähetes Ansehen und, wo dasselbe frei und ohne später aufgelagerte Schichten erscheint, da erhebt es sich in der That in hohe spitze und zackige Gipfel. Nach L. v. Buch hat dampfförmig aufgestiegene Talkerde den dichten Kalkstein durchdrungen und ihn so in seiner Mischung, wie in seiner äußeren Form in Dolomit umgewandelt [2]).

a) Der krystallisirte Dolomit besteht aus gleichen Mischungs-Gewichten kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Talkerde = 0,543 : 0,457; scheint jedoch im Keuper zuweilen nur ein halbes Mischungs-Gewicht Talkerde aufzunehmen, und variirt da, wo er nicht oder unvollständig krystallisirt ist, in der Weise, daß die Bittererde bis 0,81 (? — v. Bibra) hinauf und bis auf wenige Prozente herab beträgt und sich sehr gewöhnlich etwas kohlensaures Eisen- und Mangan-Oxydul (0—0,20) als Äquivalent des vorigen, Kieselthon (= 0—0,27, aber auch in Kalkstein bis zu 0,05 und darüber vorhanden), oder bis 0,35 Kieselsäure ohne Thon ihm zugesellen, in welchem Falle die zuerst genannten Erdarten einen Theil ihrer Kohlensäure eingebüßt haben [3]). Es erklären sich diese Änderungen leicht daraus, daß ein Theil des Gesteines noch Kalk bleibt und sich oft auch schon mit bloßem Auge als Kalkspath unterscheiden läßt. Je weiter der Gehalt an Talkerde steigt, desto mehr gewinnt das Gestein durch eine krystallinische Ausbildung, wird voll Zellen und Höhlen, reich an Zerklüftungen und ausgezeichnet durch zackige Formen, Alles zugleich oder Einzelnes davon, und entfernt sich vom Ansehen des gewöhnlichen Kalksteins. Oft findet man

[1]) Jahrb. *1840*, 202, 206.

[2]) L. v. Buch im Min. Taschenb. XVIII, 239; Abhandl. der Berliner Akad., Jahrg. *1822—1823* (erschien. 1825), S. 133; dann jene von *1828* (erschien. 1831); — Jahrb. *1830*, 320; *1834*, 421, 612; *1839*, 341; Link, *1833*, 346; Élie de Beaumont, *1831*, 108; Reuß, *1840*, 155 ff.

[3]) L. Gmelin, Chem. II, 680; Ch. Gmelin; Karsten im Jahrb. *1834*, 597, 604; v. Bibra das. *1840*, 551, 699.

alle jene Merkmale mit der Entfernung von den schwarzen Porphyren abnehmen, allmählich Schichtung eintreten und die nämlichen Schichten, welche hier Dolomit gewesen, dort allmählich in Kalkstein übergehen, und damit auch die Petrefakten wieder deutlich werden, welche in Dolomit mehr und mehr verschwunden waren. Oft tritt die Dolomisation erst in einiger Entfernung von den schwarzen Porphyren oder andern Eruptiv-Gesteinen ein, oder diese fehlen ganz, und dann sieht man nicht selten auch Schichten, welche nur streckenweise dolomitisch sind und zwischen Kalk-Schichten lagern: man findet das bei Kalken aller Formationen. Dem ungeachtet aber stehen gerade die ausgezeichnetsten und in allen Merkmalen vollständigsten Dolomite so beharrlich und so nahe mit den schwarzen Eruptiv-Gesteinen in Verbindung und werden sogar von ihnen losgerissen, eingehüllt, emporgehoben, daß es schwer hält, ihre Bildung nicht an die Entstehung der letzten zu knüpfen. — Gueymard hat gezeigt [1]), daß in den Departementen der Isère, der Hautes- und Basses-Alpes die schwarzen Lias-Kalke auch in der Nähe der **Spilite** (ein Mandelstein, wesentlich aus Feldspath-Teig mit Augit oder Hornblende durchmengt und mit eingestreuten Mineralien, insbesondere Kalkspath [2]), ein den schwarzen Porphyren identisches oder doch sehr nahe verwandtes Gestein des Talkschiefers, des Gneises, der Protogyne und des [?] Gypses) mehr oder weniger vollständig in Dolomit umgewandelt und sogar oft mit überschüssiger Talkerde versehen sind. Ob die nach den Spiliten genannten Gesteine hiebei selbst durch die heißen Spilite verändert nur ververmittelnd und vorbereitend auf jene Kalke eingewirkt, oder eine selbstständige Rolle gespielt haben, wie es von Gueymard [3]) angenommen wird, könnte vielleicht noch in Zweifel gezogen werden, zumal derselbe beifügt, daß jene Kalke manchmal in dieser Berührung ganz das charakteristische Ansehen des Dolomites gewonnen haben, ohne eine erhebliche Menge von Talkerde zu enthalten; doch vermindert sich mit wenigen Ausnahmen der Talkerde-Gehalt von den Stellen des Kontaktes und der alten Solfataren (wie er sie annimmt) an mehr und mehr, wie das Gestein ganz allmählich wieder das Ansehen gewöhnlichen Lias-Kalkes gewinnt, was indessen zuweilen erst in der Entfernung von einigen hundert Metern ganz erfolgt [4]).

b) Nun sind folgende Ansichten denkbar. 1) Die Dolomite sind ursprünglich so zusammengesetzt und gestaltet; damit würde sich weder ihre Beziehung zu den Eruptiv-Gesteinen, noch der Mangel an Schichtung, noch die Zerklüftung im Innern und die zackige Bildung im Äußern erklären. Oder 2) die Mischung ist ursprünglich, aber die Krystallisation und Formen-Beziehungen sind eine spätere Wirkung der Feuergesteine; dem widerspricht, daß man bis jetzt noch keine dichten geschichteten, unzerklüfteten Dolomite mit so reichem Talkerde-Gehalt nah oder fern von den Eruptiv-Gesteinen beobachtet; — daß Vogel im Süßwasserkalke von Gergovia nur Spuren, — in demselben, durch die unmittelbare Nähe basaltischer Bildungen von Bitumen

[1]) *Bullet. géol.* ***1840***, XI, 237—452, besonders S. 447.
[2]) Gras, ***Bullet. géol. 1840***, XI, 425. — [3]) Gras, a. angez. Orte.
[4]) Ebendas. S. 433 u. a.

befreiten und gehärteten Kalke aber 0,165 **reiner Talkerde** nebst einer Vermehrung des Eisen-Gehaltes [1]) gefunden; — daß Studer in den Kreidekalk-Einschlüssen des Serpentins in Bündten keine Bittererde gefunden, während ausgezeichneter Dolomit ringsum ansteht [2]). Oder 3) sie sind eine Transmutation, worüber in einem folgenden Paragraphen. Oder 4) die Kalkerde ist von außen in Dampfform eingedrungen und hat jene Änderungen bewirkt; v. Buch setzt den zweifachen Fall: entweder als reine Talkerde: dann hätte sie müssen einen Theil der Kalkerde austreiben, um sich ihrer Kohlensäure zu bemächtigen; — oder als kohlensaure Kalkerde: dann hätte sie müssen ganze Schichten, ja ganze Gebirge fast zu ihrem doppelten Volumen ausdehnen, worauf die hohen zackigen Formen deuten könnten. Letztes wäre noch immer wahrscheinlicher, als Erstes. Da aber v. Bibra gezeigt hat, daß manche unreine kieselreiche Dolomite einen Theil (etwa 0,12 des Ganzen) ihre Kohlensäure verloren haben, so muß wohl ein Theil der Kalk- und Talk-Erde sich während des nämlichen Erhitzungs-Prozesses mit Kieselsäure verbunden haben, die entweder als mechanische Beimengung schon vorher im Kalke vorhanden war, oder ebenfalls in Dampf-Form mit aufgestiegen und eingedrungen seyn muß.

Auch Gueymard fand bei mehren Analysen, daß die dolomisirten Lias-Kalke einen unauflöslichen Rückstand von Thon und sehr feinem weißen Kieselsande, die unveränderten nur von Thon enthielten. Er leitet jenen Antheil reiner Kieselerde davon ab, daß schwefelsaure Dämpfe, von deren Entwicklung er ohnehin die Umbildung der in der Nähe befindlichen Gyps-Lager aus Lias-Kalk ableitet, sich mit einem Theile der Thonerde zu einem leicht auflöslichen Salze verbunden habe, welches dann allmählich aus dem Gesteine verschwunden seye. Er gibt nicht an, auf welche Weise er den Gehalt an kohlensauren Erden bestimmt habe; man ersieht daher nicht, ob nicht jene Kieselerde mit Kalk- und Talk-Erde unmittelbar als Säure verbunden gewesen seyn könne, wie bei den Bibra'schen Analysen.

c) Man hat nun gegen diese Theorie eingewendet, daß Talkerde nicht verdampfbar seye, wogegen aber Link eine mechanische Fortführung durch Wasserdämpfe und Kohlensäure und eine Erweichung des erhitzten Kalkes zu Hülfe nimmt; und wogegen auch, wie bei der Kieselerde, einige neuere Beobachtungen sprechen (S. 325). Man hat eingewendet, daß die schwarzen Porphyre nicht so viele und keine überflüssige Talkerde enthalten; doch leitet L. v. Buch dieselbe nur aus Boden-Spalten ab, die sich bei ihrer Emporhebung geöffnet. Damit erklärte sich auch, warum die Kalke zuweilen gerade an den Berührungs-Stellen mit den Porphyren nicht, sondern erst in einiger Entfernung davon dolomisirt sind, wobei aber auch Druck-Verhältnisse mitgewirkt haben können. Am meisten Schwierigkeiten bietet der Fränkische Jura, insofern dort der ausgezeichnetste Dolomit, theils vom lithographischen und Diceras-Kalke bedeckt und theils unbedeckt, auf scharf von ihm abgeschnittenen Kalk-Schichten ruhet. Eruptiv-Gesteine mangeln.

---

[1]) v. Leonh. Bas. II, 232. — [2]) Jahrb. *1837*, 601.

L. v. Buch glaubt, es könne die Hebung des benachbarten, damit parallel ziehenden Böhmer-Waldes einen Spalt längs dessen Fuß geöffnet und die unterlagernden Kalk-Schichten des Fränkischen Jura so vielfältig zerrissen, zerklüftet und verworfen haben, wie man sie jetzt sieht; es könnten hiedurch die Dämpfe einen Ausweg gefunden und nur auf die obern Schichten gewirkt haben, welche ihnen solchen versperrten; daher denn auch nur diese allein dolomisirt worden seyen [1]). Eine, in genetischer Hinsicht wohl noch merkwürdigere, Parallele hiezu bildet das über vielfach zerbrochenem Kalkstein ruhende und von ihm durch einen Letten-Streifen getrennte dolomitische „Dach-Gestein" [Muschel- oder Jura-Kalk?] von Tarnowitz in Oberschlesien mit seiner Bleierz-Lage (Bleiglanz, Schwefelkies, Weißbleierz ꝛc.) und in deren Fortsetzung liegenden Galmei-Lage und mit seinen Beziehungen zu den Gypsen der Gegend. Der Umstand, daß kohlensaures Eisenoxydul die kohlensaure Talkerde im Dolomite theilweise zu vertreten im Stande ist, das kohlensaure Zinkoxyd aber nicht, erklärt es, warum erstes in der ganzen Dolomit-Masse gleichförmig vertheilt und nirgends als Spatheisenstein ausgeschieden, der Galmei aber in großen Massen ausgesondert ist. Denn beide Metalle (wie auch das Weißbleierz, der Bleiglanz ꝛc.) sind offenbar auf gleiche Weise in das Gebirge gelangt. Dieses Gebirge steht mit schwarzem Porphyre in sichtbarer Verbindung, indem es da beginnt, wo derselbe bei Krzeszowice hervortritt, dem Hauptstreichen der Höhen-Züge folgt, vorzüglich an den höchsten Erhebungen den Dolomit zeigt, und in N.-W.-Richtung bei dem Basalte von Annaberg aufhört [2]).

d) Die ausgezeichnetsten und charakteristischsten Stellen des Zusammenvorkommens von Dolomit, Jurakalk und Melaphyr findet man im ganzen südöstlichen Tyrol (im Fassa-Thale bei Fontanaz ꝛc.) und fast in allen Thälern des südlichen Gehänges der Alpen (zwischen Orta- und Lugano-See, bei Grantola u. s. w.), in den Bairischen Kalkalpen (von Tegernsee bis zum Innthale bei Schwaz), wo sich einzelne Korallen und Muscheln, erste in Substanz, letzte als Abdrücke erhalten, Alles nach v. Buch a. a. O.; — im Vizentinischen, wo die Umbildung deutlich von den Dolerit-Gängen ausgeht, nach Maraschini [3]); — in Ober-Schlesien nach Karsten [4]); — ausgezeichnete Dolomite ohne Melaphyr und gleichzeitiger ?Kalk im Fränkischen Jura [5]).

Außerdem werden folgende Kalksteine in Dolomit verwandelt:

die Übergangs-Kalke auf Man, wo die eingeschlossenen Orthozeren, Produkten und Spiriferen noch der Art nach kenntlich bleiben [6]); und die der Eifel: meistens nur als Einschlüsse mit noch kennbaren Cyathophyllen und Terebrateln, durch Dolerite und Basalte;

---

[1]) Jahrb. *1838*, 342. — [2]) Karsten, Jahrb. *1834*, 594.
[3]) *Rocce del Vicentino*, 104. — [4]) Jahrb. *1834*, 594.
[5]) L. v. Buch, Jahrb. *1839*, 341; v. Strombeck das. *1832*, 95; A. Wagner das. *1833*, 439.
[6]) v. Leonh. Bas. II, 381 f.

die Muschelkalke in mehrern Gegenden;

die Kreide im **Vicentinischen** (der **Biancone**) durch Olivin-haltigen Augit-reichen Dolerit [1]; und Kreide-Bildungen in **Bündten** durch Serpentin [2].

F. Im Übrigen vergl. noch **Studer's** Ansicht in §. **107.**

§. 106. Chemische Wirkung tropfbar-flüssiger oder heißer Ausbruch-Gesteine auf die durchbrochenen.

A. Die unmittelbare Berührung tropfbar-flüssiger oder wenigstens noch sehr heißer Eruptiv-Gesteine mit den durchbrochenen vervielfältigt die chemischen Rückwirkungen der Hitze und der Gesteins-Elemente auf dieselben nicht nur in so fern, als nun auch die nicht oder selten verdampfbaren Materien auf diese einwirken können, sondern auch in sofern, als mit dem Kontakte (S. 212) die Elektrizität mehr und mit anderer Wirkungs-Weise in's Spiel kommt; endlich gesellen sich ihr aber auch manche mechanische Wirkungen verstärkend bei. Man unterscheidet mehre Arten dieser Wirkung: Durchdringen und Verkitten loser Gesteine zu einem heterogenen Ganzen (Konglomeration); mechanisches Zertrümmern und Verkitten der chemisch wenig veränderten Trümmer zu einer Breccie (Injektion); inniges Durchdringen eines festen oder losen Gebirges zu einem Glas-artigen Gesteins-Teige (Konfusion); ebenso, aber neue Mineral-Arten krystallisiren aus diesem Teige heraus (Transformation). Indessen mangelt es hier noch mehr als in den Fällen der vorigen §§. an Analysen und Beobachtungen, um alle Beispiele in ihre richtige Abtheilung zu bringen.

B. **Konglomeration**: das Eruptiv-Gestein durchdringt ein loses Gebirge und verkittet seine eckigen oder abgerundeten Bestandtheile zu einem heterogenen Ganzen, einem Konglomerat.

C. **Injektion** (Trituration, Brazure **Fournet's**): das Eruptiv-Gestein zerdrückt ein festes Gebirge, durchdringt die Spalten und verkittet die Trümmer ohne beträchtliche Veränderung wieder zu einem heterogenen Ganzen. Verrückt es diese Trümmer, führt es solche streckenweise mit sich fort, oder mengt es gar die Bruchstücke mehrer von ihm durchbrochenen Gebirgsarten durcheinander, so schließt sich diese Art der Umwandelung der vorigen an.

a. Plutonische Bildungen zertrümmern die von ihnen durchbrochenen

---

[1] v. **Leonh.** Bas. II, 334. — [2] Jahrb. *1837*, 598—601.

thonig-kieseligen Gesteine, umschließen die Trümmer, runden deren Kanten durch beginnende Schmelzung ab, verkitten sie, und bilden so eine im Übergangs-Gebirge gewöhnliche **trappisch-kieselige Breccie** [1]).

b. Basalt- und Diorit-Masse umschließt im Emporsteigen die Trümmer der durchbrochenen Gesteine und bildet

Breccien mit älteren Basalt-Trümmern (häufig).
„ „ Trümmern von Liassandstein und Jurakalk, Alp [2]).
„ „ „ „ Jurakalk, aber hell, körnig, dolomitisch, Alp [3]), zuweilen in großen Blöcken [4]).
„ „ „ buntfarbigen Jurakalkes, Basalt-Bröckchen, Olivin-Körnern, lauchgrünen Glimmer-Blättchen und Chlorit-ähnlichen Theilen, Wittlinger Steige in der Alp [5]).
„ „ Trümmern von Granit in zahlloser Menge und von ungleicher Größe, die zum Theil infiltrirt sind von Basalt, zum Theil geschmolzen und damit verlaufend, der Feldspath zu weißem Schmelz verwandelt oder glasig und blau, an der Roche rouge bei le Puy in Velay [6]).
„ „ Trümmern von weißem Granit in schwarzem Teige, welche zwar in der Tiefe losgerissen, doch noch so sehr ihre ursprüngliche Lage gegeneinander behaupten, daß man sie wieder zu einem geschlossenen Ganzen zusammensetzen mögte; der Basalt ist darin öfters sehr undeutlich geworden, der Glimmer ist verschwunden [7]).
„ „ Talkschiefer-Trümmern im Vicentinischen [8]).

Pechstein-Breccie mit Trümmern von dichtem Melaphyr voll eingewickelter Albit-Krystalle; dann gelbe und bräunlich-graue Melaphyr-Masse, welche mit den schmalen Seiten gleichlaufend nebeneinander gereihte Trümmer von Glimmerschiefer mit glänzendem oder mit braunem erdigem Glimmer, von rothem Quarz-führendem Porphyr, von Baveno-Granit mit deutlichen Feldspath- und Quarz-Dodekaedern und ausgefallene Quarz-Krystalle fest umschließet. So bei Cunardo im Mailändischen [9]).

Breccie von Gneis-Trümmern mit Gneis-Teig in Porphyr bei Tharand beschreibt B. Cotta [10]).

Diese wenigen Beispiele mögen hier statt vieler genügen.

D. Konfusion, Zusammenschmelzung. Das Eruptiv-Gestein erweicht und durchdringt ein loses oder festes Gebirge und bildet damit ein mehr oder weniger gleichartiges Ganzes. Hier spielt der Feldspath oder Feldstein die Haupt-Rolle.

[1]) Fournet, Jahrb. *1838*, 97. — [2]) v. Leonh. Bas. II, 325.
[3]) Das. 324. — [4]) Das. 328. — [5]) Das. 327. — [6]) Das. 418.
[7]) Boué, *géol. de l'Ecosse*, 286.
[8]) Maraschini, *form. rocce Vicent*, 38.
[9]) v. Buch, Jahrb. *1834*, 422. — [10]) Jahrb. *1836*, 54.

Nach Fournet ist die Arkose ein von Eurit- (Feldstein-) Teig durchdrungener Sandstein [1]). Er scheint als Beleg zu benützen den Lias-Sandstein von Lavouth, welcher an der Auflagerungs-Fläche auf jüngeren Granit zu Arkose wird [2]). (Inzwischen sind manche Sandsteine, wie ein Theil des Rothen Sandsteins bei Heidelberg, großentheils aus Feldspath- und Feldstein-Körnern zusammengesetzt und würden mithin, um jene Umwandelung zu erfahren, der äußeren Zuführung nicht bedürfen. Vielleicht ist dieß auch bei einigen andern Beispielen der Fall. Bei Les Fermonts in Oisans wird der (Lias-?) Sandstein nahe bei dem Granit härter, eisenschüssiger und sondert in größter Nähe bei ihm viele Feldspath-Krystalle aus, unter Entwickelung von Baryt, Bleiglanz und Kohle [3]). Bei Romanèche dagegen scheint der zersetzte Granit selbst in Arkose überzugehen [4]), während zu St. Etienne bei Lyon der Sandstein an der Berührungs-Stelle mit eruptivem Quarz zu Arkose, einem Mittelding zwischen Quarz und Sandstein, werden soll [5]). Diese Fälle gehören in andere Rubriken).

E. **Transformation**: das Eruptiv-Gestein durchdringt das durchbrochene, und bildet mit diesem ein krystallinisches Ganzes, mit theilweise neuen Mineral-Arten. Jenes mag nun ein Feldspath-reiches, kalkiges, quarziges u. s. w. seyn (Feldspathisirung, Kalkarisirung u. s. f.)

a. Die merkwürdigste und allgemeinste Verwandelung dieser Art ist die **Feldspathisirung**, wie Fournet sie nennt, wobei nämlich der Granit oder ein anderes Feldspath-reiches Gestein entweder ganz, oder mit seinem Feldspath-, oder wenigstens dem Kali-Gehalte desselben ein anderes hauptsächlich quarziges Gestein durchdringt und es hiedurch nicht nur leichter schmelzt, sondern auch die Bildung weiterer Silikate in ihm erleichtert oder möglich macht und die krystallinische Ausbildung derselben herbeiführt. Insbesondere häufig findet man dieses Eindringen in den aus Thonschiefer umgebildeten Gesteinen, wovon im vorigen §. unter I die Rede war. Die feldspathisirte

Glimmer-Krystallisation gäbe Gneise, Granulite, Leptinite;
Hornblende-Krystallisation gäbe Diorit- und Syenit-Schiefer;
Chlorit-Krystallisation gäbe Feldspath-führenden Chloritschiefer;
Talk-Krystallis. gäbe feldspathige Talkschiefer u. talkigen Gneis (Protogyne).

Hier eine Analyse, welche die Veränderungen deutlich macht, welche die von Eruptiv-Gesteinen durchdrungenen Schiefer erfahren, so ferne nämlich eine einzelne Zerlegung von in ihren Verhältnissen nicht sehr beständigen Felsarten als Beweis dienen kann. Der Grünstein von Salisbury Craigs und von Lochend bei Edinburg durchbricht nämlich

[1]) Jahrb. *1837*, 530; Jahrb. *1838*, 95. — [2]) Jahrb. *1834*, 452.
[3]) De Beaumont, Jahrb. *1836*, 378.
[4]) De Bonnard, Jahrb. *1833*, 562.
[5]) Lortet, Jahrb. *1836*, 578.

den Kohlenschiefer, umschließt seine Trümmer und macht sie härter und mürber. Diese Kohlenschiefer enthalten nun nach Jameson [1]) in

	Lochend unverändert	Lochend verändert	Salisb. Craigs verändert
Kieselerde	0,582	0,532	0,661
Thonerde	0,175	0,176	0,195
Eisenoxydul	0,105		
Eisenoxyd		0,086	Spur
Talkerde	0,046	0,027	
Kalkerde	Spur	0,066	0,064
Natron	0,020	0,078	0,044
Wasser	0,067	0,022	0,033 mit Kohlensäure
	0,996	0,988	0,996,

wonach also zu Lochend der Schiefer 0,05 Kieselerde mit 0,02 Talkerde und 0,04 Wasser eingebüßt, fast 0,06 Natron aufgenommen und sein Eisenoxydul in Oxyd verwandelt hätte. Wie sehr übrigens diese Schiefer in ihrer Zusammensetzung mit den Thonschiefern übereinstimmen, lehrt die Vergleichung mit den Analysen, S. 348.

1) Feldspathisirter Thonschiefer mit Glimmer-Krystallisation gibt **Gneis** (statt Glimmerschiefer).

α) In der Nähe des Granites: Ist die Feldspath-Menge geringer, so unterscheidet man folgende Übergangs-Stufen: Thonschiefer, Porphyr-artig durch Feldspath-Krystalle und Glimmerschiefer mit feldspathigen Theilen, dann Gneis; ist die Feldspath-Menge größer, so entsteht Granit-artiger und Porphyr-artiger Gneis. Treten aber faserige Struktur nebst Quarz und Glimmer mehr zurück, so gibt das Gestein **Granulit**, zu welchem man folgende Übergangs-Stufen gewahrt: verhärteten und entfärbten Thonschiefer mit Feldstein-artigem Bruche und sparsamen Glimmer-Blättchen; entfärbten Thonschiefer glänzend durch sehr feinen silberweißen Glimmer; glänzenden entfärbten Thonschiefer, körnig und mit Feldspath-Krystallen; Granulit, oft mit Granaten und wieder in Gneis übergehend.

β) In der Nähe Quarz-führender Porphyre, wo der Glimmer selten wird, entstehen in gleichem Falle ebenfalls schieferige Eurite und Porphyr-artige Granulite; die Übergangs-Stufen sind Feldstein-haltiger Thonschiefer, gestreift und gefleckt mit rothem Feldstein; schieferiger Feldstein u. s. w., wobei der Glimmer fast stets nur in grünen Blättchen und der Feldspath rosenroth erscheint [2]).

Ein solcher metamorphischer Gneis unterscheidet sich aber von dem eruptiven (§. 305), wo Quarz, Glimmer und Feldspath nach einer Richtung liegen, dadurch, daß sich in seinen Glimmer-Lagen weder Feldspath noch Quarz findet, daß sein Blätter-Gefüge auf andere Weise geordnet ist und sich dem des Thonschiefers nähert, daß die Glimmer-Blättchen sehr kurz

[1]) Jahrb. *1835*, 477. — [2]) Fournet, Jahrb. *1837*, 527.

und gedrängt sind und daß man in der Masse noch unveränderten Thonschiefer findet [1]).

Im Besonderen nun ist nach Fournet [2]) der Gneis des ganzen Berges von l'Arbesle im Rhone-Dept. auf diese Weise gebildet worden. — In wie fern in allen folgenden Fällen dessen Ursprung genau der nämliche sey, ist ohne örtliche Nachforschung nicht zu entscheiden. Möglich, daß er in manchen Fällen doch nur eine einfache Transkrystallisation des Thonschiefers ist, welchem es zwar nach der oben (S. 348) angegebenen Zusammensetzung nicht sowohl an Thonerde als an Kali (0,165) hiezu mangeln würde, obschon der Feldstein nach Mackenzie nur 0,03 und der Feldspath von Salberg nach Godon de St. Memin nur 0,055 und mancher Glimmer nur 0,06 — 0,09 Kali enthält; aber diese Proportional-Angabe bleibt immer etwas unzureichend wegen des veränderlichen Kieselerde-Gehaltes des Ganzen, und gewiß gibt es auch Thonschiefer mit anderer Zusammensetzung. — In Cornwall wird in der Nähe des eruptiven Granites der Thonschiefer durch vielen Glimmer Gneis-artig [3]). — In Sachsen bei Posewitz nimmt er in dessen Nähe vielen Feldspath auf, wird flaserig und Gneis-ähnlich und zuletzt, wie es scheint, völlig granitisch [4]).

2) Feldspathisirter Thonschiefer mit Hornblende-Krystallisation (S. 364) gibt nach Fournet [5]) bei vorherrschender Hornblende **Dioritschiefer**; bei vorherrschendem Feldspath **Syenitschiefer**.

3) Feldspathisirter Thonschiefer mit Chlorit-Krystallisation (S. 364) bildet: **Feldspath-führenden Chloritschiefer** [6]).

4) Feldspathisirter Thonschiefer mit Talk-Krystallisation (S. 364) gibt nach Fournet's Theorie bei wenig Feldspath einen **feldspathigen Talkschiefer** oder auch einen talkigen Gneis (**Protogyne**) mit wenigen Feldspath-Adern [7]).

5) Thonschiefer wird **Granit**.

Eines Falles in Sachsen ist schon vorhin gedacht (unter 1). Vielleicht gehören hieher auch mehre unter Transkrystallisation angeführte Fälle.

6) Thonschiefer wird **Porphyroid-Schiefer**.

In Brabant nehmen grünliche Dachschiefer in der Nähe der Diorit-Dykes Feldspath-Krystalle und Quarz-Körner, seltener weiße Glimmer-Blättchen, weißen und röthlichen Talk und Eisenerze auf, weßhalb man denselben den Namen Porphyroid-Schiefer gegeben hat [8]).

7) Thon- und Grauwacke-Schiefer wird zu Kiesel-artigem Gestein, welches Freiesleben **Kieselschiefer-Fels** genannt, und Thonschiefer zu **Hornfels** [9]) durch Feldstein, welchen sie am Harze aus Granit aufgenommen. In erstem Gestein zeigt sich die eingedrungene Feldstein-Masse häufig in einzelnen Lagen als dichtes Fossil abgesondert [10]).

---

[1]) Fournet, Jahrb. *1837*, 159. — [2]) Jahrb. *1838*, 96.
[3]) v. Leonh. Bas. II, 441. — [4]) Naumann, Jahrb. *1833*, 96.
[5]) Jahrb. *1837*, 528. — [6]) Fournet, das. — [7]) Das., 529.
[8]) Galeotti, Jahrb. *1838*, 594.
[9]) welcher in v. Leonh. Charakt. d. Felsart. als Synonym des vorigen steht.
[10]) Hausmann, Jahrb. *1839*, 603.

8) **Sandstein wird Gneis und Glimmerschiefer.**

Bei Dartmoor in Devonshire treibt der Granit Adern in Schiefer und Schiefer-Sandstein, sogen. Grauwacke, faltet ihre Schichten, macht sie hier glimmerig, dort härter mit den Charakteren von Glimmerschiefer und Gneis und verwandelt sie an andern Stellen in ein gebändertes, stark mit Feldspath durchdrungenes Gestein [1]).

9) **Gneis wird Porphyr durch Granit.**

Im Valorsine-Thal ändert der Gneis in der Nähe des eruptiven Granites sein Fallen, wird härter, seine Theile werden kleiner, und endlich geht er in Porphyr über [2]). Der Porphyr muß seinen Feldstein-Teig hier von Granit erhalten haben.

Bei Nigg in Schottland wird der Gneis in der Nähe des ihn durchbrechenden Basaltes rothgebraunt und Porphyr-ähnlich [3]).

b) Eine andere Veränderung dieser Art wäre die **Chloritisirung**, welche u. A. Hausmann annimmt, um die Verwandelung des Thon- und Grauwacke-Schiefers in glimmerige Schiefer zu erklären, welche am Harze häufig durch Diabas (Hypersthen und Saussurit mit Chlorit) bewirkt wird [4]). Vgl. jedoch a 3.

c) Durch Aufnahme von **Feldspath und Glimmer** zugleich aus dem Granit verwandelt sich Thonschiefer und Grauwacke in ein **Gneis-artiges** Gestein, welches in ziemlicher Ausdehnung im Ecker-Thal am Harze vorkommt und durch Granit aufgerichtet erscheint [5]). Vgl. a 4.

§. 107. Transmutation der Felsarten ohne feurige Kräfte.

In manchen Fällen sind Umwandelungen der Felsarten, ähnlich den in den vorigen §§. beschriebenen, eingetreten, ohne daß man vermöchte, äußere Spuren feuriger Kräfte, welche die Umwandelung bewirkt haben könnten, nachzuweisen, oder vielmehr: ohne daß man vermöchte, die nicht stattgefundene Erhitzung und Verflüssigung der mit den umgewandelten Felsarten in Berührung befindlichen und ihnen eingelagerten Gesteine zu läugnen. Diese Erscheinung wird hauptsächlich von Keilhau und von Studer und Escher von der Linth behauptet, obschon sie sich bescheiden, nach Ausschluß einer höheren Temperatur nun selbst keine Kraft mehr aufweisen zu können, welche diese Umwandelung zu bewirken vermogt hätte (Keilhau), oder überhaupt eine bekannte

[1]) De la Beche, Manual, 479.

[2]) Necker de Saussure in *Bibl. univers.* XXXIII, 62 ff. > v. Leonhard's Bas. II, 447.

[3]) Nach Backewell, v. Leonh. Bas. II, 440.

[4]) Jahrb. *1839*, 566. — [5]) Hausmann, Jahrb. *1839*, 603.

plutonische oder neptunische Theorie dieser Umwandelungen nicht angeben zu können (Studer und Escher). Keilhau deutet übrigens auf langsame elektro-chemische Kräfte, auf langsame Zämentations-Prozesse, wie sie Becquerel an einfachen Mineralien beobachtete, u. dgl. hin, in deren Langsamkeit eben der Grund liege, warum sie in der freien Natur, wie in unsern Laboratorien keine meßbaren Fortschritte machten und daher nur mehr aus den gleichzeitig neben einander beobachtbaren Umwandelungs-Stufen in den Gebirgen erschlossen, als aus zeitlich nach einander eintretenden Veränderungen derselben unmittelbar bewiesen werden könnten. Wir müssen uns vorerst begnügen, von den Thatsachen Notiz zu nehmen, bis solche einst besser beleuchtet seyn werden.

a) „Transmutation" nennt Keilhau selbst die Umwandelung von Felsarten in Form und Mischung überhaupt, folglich mit Einschluß der „Metamorphosen". Seine eigenen Beobachtungen sind aus Norwegen entnommen; aber er glaubt, daß sie sich an vielen Orten wiederholen lassen dürften, und daß man die Erscheinungen oft mit den Umwandelungen durch plutonische Kräfte verwechselt und sie zu diesen gezählt habe, ohne die Merkmale zu beachten, aus welchen hervorgehe, daß eine höhere Temperatur bei vielen dieser Umwandelungen nicht eingetreten seyn könne. Die bei Christiania in Norwegen beobachteten Umwandelungen sind folgende: Granit- und Syenit-Gebirge, erste in Gneis übergehend, aber petrographisch sehr bestimmt verschieden von anderen im Lande vorkommenden, älteren Graniten, entstehen durch eine lange Reihe von Übergängen aus Versteinungs-reichem Thonschiefer- und Kalk-Gebirge; rothe euritische Porphyre in Lagern aus dem Theile dieses Gebirges, welches seiner Lagerungs-Folge nach dem Grund-Gebirge am nächsten ist, mithin hauptsächlich aus dem Alaunschiefer; dunkle Quarz-lose Porphyre endlich, ebenfalls verschieden von den anderen Porphyren des Landes, aus Sandstein. Das Vorkommen der genannten massigen Gebirgsarten ist daher auch in geographischer Beziehung lediglich an das jener neptunischen gebunden. Doch war eine **„Granitifikation"** auch noch aus älterem, aus Ur-Gneis möglich und kann Thonschiefer auch in Diorit u. s. w. übergehen. Die Beweise der Umwandelungs-Bildung sehr vieler jener massigen Felsarten, und zwar durch nicht-plutonische Kräfte, sind in der Nähe von Christiania folgende:

1) der gänzliche Mangel aller bemerkbaren Schichten-Störung (Aufrichtung, Verschiebung oder Zertrümmerung) da, wo an den Kontakt-Stellen die genannten neptunischen Gesteine Halbinsel-artig in die massigen daneben hineinragen oder selbst Insel-förmig von ihnen umschlossen sind;

2) die oft vollkommenen Übergänge der geschichteten Steine in die massigen ohne alle Grenze, ohne Unterbrechung der räumlichen Kontinuität. Die Übergangs-Reihe vom Thonschiefer zum Granit insbesondere ist folgende: gewöhnlicher Petrefakten-reicher Thonschiefer; — wird Kiesel-reicher,

härter, fester; — dann immer deutlicher krystallinisch und aus Silikat-Krystallen zusammengesetzt;

3) diese Übergänge kann man sogar in einer Reihenfolge solcher Lagen beobachten, welche einzeln einem Versteinerungs-reichen Thonschiefer- und -Kalk-Gebilde eingelagert sind und im Hangenden und Liegenden nur wieder die gewöhnlichen Schichten mit Versteinerungen zu Nachbarn haben und durchaus mit keinen andern in Berührung sind; die ersten und am wenigsten umgewandelten jener Lagen sind nur einige Linien dick; die folgenden immer mächtiger, die letzten bis zur Dicke von einigen Fußen;

4) jene massigen Gesteine sind in ihrem Vorkommen überall auf die Verbreitung der entsprechenden neptunischen beschränkt;

5) es gibt in den Schiefern manchfaltige kleine granitische Grünstein- und Porphyr-Massen, welche unwidersprechlich vollkommen isolirt sind;

6) Kontakt-Mineralien und Kontakt-Veränderungen sind mit größter Regelmäßigkeit überall vorhanden, wo die granitischen Gebilde den Übergangs-Kalk und -Schiefer, aber nirgends da wo sie den Urschiefer berühren; die dunkeln Porphyre lassen den Sandstein, der Eurit-Porphyr den Alaunschiefer unverändert und erzeugen keine Kontakt-Mineralien mit ihnen; wohl aber erzeugen die Übergangs-Schiefer solche in den Urschiefern. Außerdem haben die in einer Kontakt-Region veränderten Schiefer-Straten zuweilen unveränderte Schichten zwischen sich und der berührenden Masse; und eine Felsart, die in Berührung mit einer andern gewöhnlich modifizirt wird, bleibt zuweilen unmodifizirt, wenn beide mit einer dritten in Berührung treten.

7) Nirgend lassen sich Stellen nachweisen, wo die massigen Gesteine aus der Tiefe heraufgestiegen wären [1].

Indessen muß man gestehen, daß diese Erscheinungen **großentheils** auch mit der plutonischen Theorie verträglich sind und öfters, wenn auch nicht gewöhnlich, wieder bei unzweifelhaft plutonischen Umwandelungen vorkommen und damit in vorhergehenden §§. auch schon erwähnt worden sind. Der letzte Beweis (7) ist höchstens nur ein negativer.

b. Studer drückt sich noch weniger bestimmt über die die Umwandelung-bewirkende Kraft aus. Doch scheint er sie in Gas- und Wärme-Ausströmungen aus dem Innern der Erde zu suchen, vielleicht auch in elektrochemischen Prozessen. Der Übergang der Sediment-Gebirge in Schiefer- und dieser in Masse-Gebirge, ihre Ausdehnung, ihr Überquellen, ihre Kontakt-Wirkungen sind dann nur Folgen jener chemischen Umänderung, nicht umgekehrt. Es ist ihm zweifelhaft, ob wir überhaupt wirkliche Urgesteine kennen; ob nicht die ganze von uns durchforschte Tiefe der Erd-Rinde aus auf solche Weise umgewandelten Sediment-Bildungen bestehe. Zu der Unterstützung seiner Ansicht führt er an:

daß die metamorphischen und insbesondere die auch chemisch veränderten Gestein-Massen (wie Dolomit) oft durch unveränderte Massen von

[1] Keilhau, „Einiges gegen Vulkanismus", Christiania 1840, 8; > Jahrb. *1841*, 123 ff.

Hunderten oder Tausenden von Fußen Mächtigkeit von den angeblich umändernden getrennt erscheinen, so daß die Umänderungen hauptsächlich gerade die obersten und äußersten Partie'n betroffen zu haben scheinen und man an polare Wirkungen zu denken geneigt werde; — daß man öfters eine und dieselbe Felsart als umgeänderte und umändernde [was ganz wohl möglich ist, zumal wenn dabei von verschiedenen Lokalitäten die Rede] bezeichne; — daß man im Innern der Alpen Sediment-Gesteine in massige (Serpentin) übergehen sehe, welche dann weiterhin Gänge bilden, Lava-artig überfließen und Kontakt-Erscheinungen hervorrufen; — daß daselbst ungestörte Lagen-Folgen des Kalk-Gebirges in ihrem Verlaufe sich allmählich zerklüften, weiterhin in Breccien und Konglomerate übergehen und als solche zu hohen Berg-Massen und breiten Stöcken anschwellen, welche den Gedanken erwecken, daß in Folge solcher Umwandelung, Anschwellung und Erweichung jener Lagen-Folgen durch unbekannte Kräfte die auflastende Decke gesprengt, ihre Trümmer zur Konglomerat-Bildung verwendet worden seyen und deren Gewicht jene ersten herausgepreßt, emporgetrieben und überströmen oder andere Schichten verschieben gemacht habe. Selbst vulkanische Ausbrüche seyen so vielleicht einfacher zu erklären, als durch eine Kontraktion der ganzen Erd-Rinde [1]. — In ihrer neuesten Schrift über Bündten liefern Studer und Escher eine Menge von höchst denkwürdigen Beobachtungen über Übergänge von Gesteins-Arten in einander, welche die früher mitgetheilten noch sehr vermehren würden. Wir haben einige derselben nach andern Quellen angedeutet, müssen uns aber vorerst eine erschöpfende Darstellung derselben versagen, weil sich beide Geologen über die umwandelnde Kraft nicht bestimmt aussprechen. Hier die von ihnen (auf S. 202 ff.) zusammengestellten Resultate:

Der Gegensatz der Systeme zwischen neptunischen oder Sediment-, und zwischen plutonischen oder krystallinischen Felsarten, die sich aus ersten entwickeln sollen, ist aufzuheben; die krystallinischen sind nicht die Ursache, sondern die letzte Stufe der Umwandelung der ersten. Folgende **Umwandelungs-Reihen** findet man in Bündten:

1) Kalkstein, krystallinischer Kalkstein, dolomitischer Kalk, Dolomit, Rauchwacke, Talk-führende Rauchwacke, Feldspath-führende Rauchwacke, Gneis, Gneis-Granit, Granit;

2) Kalkstein, krystallinischer Kalkstein, Cipolin-Marmor, Talkschiefer, Gneis;

3) Mergelschiefer, talkiger Mergelschiefer, Chloritschiefer, Lavez-Stein, Serpentin, Gabbro und Diorit;

4) Sandstein, Galestro, Quarz, Gneis, Granit u. s. w.

Sind die massigen Steinarten nur epigenirte Sedimente, so dürfen wir die **Umwandelung** ganzer Mergelschiefer-Gebirge in Glimmerschiefer nicht etwa als Kontakt-Wirkungen dem Einfluß jener massigen Gesteine zuschreiben. Es sind die krystallinisch-flaserigen Gesteine nur die Mittelstufe

[1]) Jahrb. *1840*, 346.

des allgemeinen Prozesses, der sich in der Ausbildung der massig-krystallinischen abschließt.

Eben so wenig dürfen wir die **Hebung des Bodens** in Hochflächen oder in Ketten-Systemen dem Aufsteigen massiger Gesteine aus dem Erd-Innern beimessen. Sie kann dagegen eine Wirkung seyn der beträchtlichen Zunahme des Volumens der umgewandelten Gesteine durch Aufnahme neuer Stoffe, Veränderung der Kohäsions-Verhältnisse oder, wenn auch vorübergehenden, Erhöhung der Temperatur; — oder sie kann durch dieselben primären Prozesse entstanden seyn, welche auch die Umwandelung bewirkt haben, wie durch den Druck von Dämpfen; — oder es können beide Ursachen zugleich, die erste beschränkter und die letzte allgemeiner, zur Hebung der aufliegenden Masse über das Niveau der Meere sich vereinigt haben.

Aus der Vermehrung des Volumens der durch Wärme flüssigen Gesteine ist auch das **Gang-artige Eindringen** derselben in die aufliegenden Sedimente und ihr **Überströmen** an der Oberfläche zu erklären. Diese Gang-Bildungen können aber unter begünstigenden Umständen von den gewöhnlichen Kontakt-Verhältnissen begleitet gewesen seyn.

Der **Mangel aller älteren Sedimente** in Bündten bis auf die Kreide läßt sich herleiten entweder aus dem Trockenliegen des Bodens während der früheren geologischen Perioden oder aus einer Umwandelung der älteren Sedimente in krystallinische Gesteine. Diese letzte Erklärung scheint naturgemäßer, da selbst ein großer Theil der Kreide-Lager von jener Umwandelung sich ergriffen zeigt, da ferner keine scharfe Grenze zwischen dem Flysch und seiner Unterlage von Glimmerschiefer und Gneis gezogen werden kann; da endlich zwischen der Kreide und den krystallinischen Schiefern nirgends abweichende Lagerung stattfindet.

Nach der Bildung der Kreide haben vorzüglich zwei Prozesse wohl in verschiedenen Zeiten durch Umwandelung und Hebung auf die Gestalt des Bodens in Bündten eingewirkt; der ältere in der Richtung von S. 30° O. nach N. 30° W., wie am Mont-Viso durch eine allgemeine Hebung des Bodens, ohne beträchtliche Störung der horizontalen Lagerung, durch Umwandelung des Flysches in grüne Schiefer und Ausbruch von Serpentin, Gabbro, Hornblende-Gestein, Syenit und Granit; — der andere in der Richtung der Alpen-Kette von S. 65° W. nach N. 65° O. durch Aufrichtung fächer-förmiger Zentral-Massen, deren Kern aus krystallinisch-flaserigen Gesteinen besteht [1]).

c. Mit diesen Ansichten muß noch in Verbindung gesetzt werden, was Ehrenberg über die fortdauernde Bildungen kieseliger Gesteine im Innern kalkiger Schichten sagt (S. 237—238).

§. 108. Bildung neuer Mineral-Arten durch Glühen und Schmelzen.

---

[1]) Escher und Studer, „Geologische Beschreibung von Mittel-Bündten", *1840*, 4°, S. 201—205, abgedruckt aus den neuen Denkschriften der allgemeinen Schweitzerischen Gesellschaft, *1839*, III.

A. Ein Blick in die §. 53 mitgetheilte Tabelle zeigt die große Menge von Mineralien, welche plutonische und insbesondere vulkanische Gesteine enthalten. Der Vesuv allein bietet auf einem Raum von nur 3 Engl. Quadrat-Meilen 82 Arten [1]).

B. Nachdem von den durch Sublimation gebildeten oder umgebildeten einfachen Mineral-Arten schon S. 324 ff. die Rede gewesen, ist noch derjenigen zu gedenken, welche durch bloßes Glühen und Zersetzung in der Glühhitze, oder durch Krystall-Ausbildung einer Felsart in Zellen und Drusen ihrer Masse selbst, oder durch Ausscheidung besonderer Mineral-Mischungen in Krystall-Form an den nämlichen Stellen zu entstehen vermögen.

C. Mineral-Bildung durch Hitze: sie beruht theils auf Oxydation oder auf Desoxydation, theils auf Verflüchtigung eines andern Bestandtheiles des Minerals, als Wasser, Kohlensäure, Schwefel u. s. w. Hiebei ist nämlich zu erinnern, daß Eisen bei künstlicher Verbrennung in der Rothglühhitze zu Eisenoxyd, in der Weißglühhitze zu Oxydoxydul wird (§. 55), mithin in höherer Hitze sich wieder desoxydirt.

81. **Mennig** (Bleioxyd) bildet sich aus **Bleiglanz** (Schwefelblei) unter Beibehaltung blättriger Textur (zuweilen auch Körner regulinischen Bleies einschließend) durch künstliche Röstung in Begleitung von Bleischlacke zu Brilon in Westphalen; scheint aber in der Natur nirgend vorzukommen. Ob auch der noch in Würfeln gestaltete Mennig von Bleialf bei Prüm im Trierischen gleichen Ursprung habe, ist nicht ausgemacht; doch ist er jedenfalls auch ein Kunst-Produkt, Nöggerath [2]).

96. **Erdiges Magneteisen** (Eisenoxydoxydul) entsteht aus **Eisenspath** (kohlens. Eisenoxydul) durch eine, vielleicht mehr als bloß glühende, Einwirkung des Basaltes. Basalt-Gänge im Siegen'schen Übergangs-Gebirge schließen Stücke von Eisenspath ein, welche theils ohne alle anderweitige Änderung nur schwarz gebrannt scheinen, wie das künstlich geglühte Mineral, — theils ihr Blätter-Gefüge eingebüßt haben und körnig bis erdig und zugleich magnetisch geworden sind, — theils durchaus in eine sehr weiche, bläulichschwarze, lose, staubartige, sehr leicht abfärbende Masse ohne Glanz, von feinerdigem Bruche und starker magnetischer Eigenschaft verwandelt sind [3]).

Erdiges Magneteisen entsteht auch aus **Eisenoxydhydrat** durch die Gluth von Kohlen-Bränden, wie in Basalt-Flüssen. Bei Teplitz in Böhmen verwandeln die Brände im Braunkohlen-Gebirge durch eine Art natürlichen Frisch-Prozesses Rotheisenstein und rothen Thoneisenstein in

[1]) Monticelli e Covelli prodromo della mineralogia vesuviana.
[2]) v. Leonh. Bas. II, 245, Anmerk. — [3]) Das. 236.

Magneteisen [1]). Diese und die Umwandelung von Brauneisenstein in noch wasserhaltiges, aber schon magnetisches Eisenoxydul und endlich in erdiges Magneteisen durch die Basalt-Gänge im Siegen'schen und in körniges und krystallisirtes Magneteisen in Oktaedern an den Kluftwänden des Basaltes der Pflasterkaute von Marksuhl beschreibt v. Leonhard ausführlicher [2]).

103. **Augit** aus **Hornblende**. Von der künstlichen Darstellung des Augits war §. 55 die Rede; von der allmählichen, von der möglichen langsamen pseudomorphischen Umbildung desselben in Hornblende und der erläuternden Theorie dazu §. 85 (Uralit). Letzte, daß nämlich der Augit nur eine schneller abgekühlte Hornblende mit nur oxydulirtem Eisen-Gehalte seye, bestätigt sich durch die Umschmelz-Versuche. Schon früher hatten Mitscherlich und Berthier [3]) Grammatit-Hornblende und später hat nun G. Rose [4]) Zillerthaler Strahlstein-Hornblende in Augit umgeschmolzen, wobei die Abkühlung jedenfalls verhältnißmäßig schnell war.

Andeutungen über Bildung des **Bols** auf ähnlichem Wege gibt v. Leonhard [5]).

Gegen die Annahme der Entstehung des **Olivins** durch Umschmelzen von Feldspath erklärt sich mit ausführlichen Gründen v. Leonhard [6]).

D. Bildung neuer Mineralien durch **Ausscheidung besonderer Mischungen** aus den zusammengeschmolzenen Gestein-Massen.

Granaten: grüne und blaue bilden sich oft da, wo plutonische Gesteine geschmolzen mit Kalk zusammentreffen und diesen umwandeln, und zwar in der Nähe der Grenze in beiderlei Felsart. Das plutonische Gestein, Basalt z. B., liefert dazu die nöthige Kieselerde, Thonerde und Eisenoxydul, die neptunische Felsart den in den Granaten jener Farbe vorhandenen Kalkerde-Gehalt (0,27—0,34). — Von einer hieher gehörigen Erscheinung war schon oben (§. 105 I, ungenanntes Gestein) die Rede. — Am Falconclint auf dem nördlichen Tees-Ufer in Northumberland sieht man eine hohe Dolerit-Wand bedeckt von einer 18' mächtigen Lage Schlacken, 10' erhärteter Kohlenschiefer, 4' weicher Kohlenschiefer, Bergkalk u. s. w. Die Schlacken-Lage enthält ein regelloses Gemenge aus Schlacken, Hornstein-, Feuerstein-, Porzellanjaspis-artigen Theilen, alle sehr hart und spröde, und dazwischen Nieren und Konkrezionen körnigen Kalkes, welcher hin und wieder noch Reste von Bergkalk-Petrefakten unterscheiden läßt. An einer Stelle nimmt der Kalk den Charakter eines untergeordneten Lagers an und ist von einer grünlichen krystallinischen Substanz durchdrungen, welche auch die Wände eines Theiles der Blasen-Räume in den Schlacken überziehet und welcher sich dort kleine Oliven-grüne und braune Granaten mit rhombischen Flächen beigesellen [7]).

[1]) Pusch, Zeitschr. f. Min. *1826*, I, 533. — [2]) Bas. II, 237 ff.
[3]) *Ann. chim. phys.* XXIV, 376.
[4]) in Poggend. Ann. d. Phys. XXII, 336. — [5]) Bas. II, 248.
[6]) Das. 498—504.
[7]) Sedgwick in den *Cambr. philos. Trans.* > v. Leonh. Bas. II, 242.

§. 109. **Bildung von Erz- u. a. Lagerstätten auf plutonischem Wege.**

A. Bei weitem die meisten und reichsten Erz-Lagerstätten, Lager und Gänge insbesondere, kommen theils in älteren und neueren Eruptiv-Gesteinen, theils in den sie unmittelbar bedeckenden Schicht-Gesteinen, theils zwischen beiden vor, weniger reichlich in den Schicht-Gesteinen, welche von plutonischen bedeckt sind. Dieß ist in solchem Grade der Fall, daß, wo in der Nähe sehr reicher Erz-Lagerstätten das plutonische Gestein einmal mangeln sollte, man annehmen darf, es finde sich in geringer Tiefe verborgen, indem es die aufgelagerten neptunischen Schichten nicht ganz durchbrochen habe, Necker [1]).

Die an Erzen ergiebigsten Eruptiv-Gesteine sind Granit, Gneis, krystallinische Schiefer (so fern sie eruptiv); die ergiebigsten Gesteine neptunischen Ursprungs: dieselben Schiefer, Rothliegendes, Übergangskalk, Thonschiefer, Zechstein und zuweilen Muschelkalk, also überhaupt die ältesten und tiefsten, mit ersten am öftesten in Berührung befindlichen. Die jüngeren Feuer-Gesteine, Trachyt u. s. w. sind weniger reich als die älteren. Für manche dieser Gebirgs-Arten sind auch gewisse Mineralien sehr charakteristische Erzeugnisse, wenigstens so lange sie mit einer und derselben neptunischen Gebirgsart in Kontakt bleiben. So beim Zusammentritt der schwarzen Porphyre mit Dolomit: Zink, Eisen, Blei, Schwefel, Kieselerde, auch Blende, Flußspath, Baryt, Eisenspath [2]).

B. Zur Erklärung dieser Erscheinungen im Ganzen ist zu berücksichtigen nothwendig, daß viele Metalle und mit ihnen verbundene Elemente (Schwefel, Kohle u. s. w.) weit leichter als die erdigen Mineralien verdampfbar sind und daher in feurig-flüssigen Gesteins-Massen in Dampf-Form aufwärts streben und sich in deren oberen Theilen mehr ansammeln und sie bauwürdiger machen mögen, als in der ganzen Masse durchschnittlich der Fall ist; — und daß abgeschlossene und daher langsamer erkaltende und gegen störende Bewegungen geschützte Räume, wie Blasen, Spalten u. s. w., ihre Ausscheidung, Ansammlung und krystallinische Ausbildung vorzugsweise begünstigen. Die besonderen Bildungs-Weisen sind dann hauptsächlich Injektion, Konfusion, Zämentation und Sublimation; — welchen später die elektro-chemischen Umbildungen, die Pseudomorphosen u. s. w. folgen.

C. Gang-Bildungen durch plutonische Injektion,

---

[1]) Ausführlich im Jahrb. *1835*, 705. — [2]) Jahrb. *1833*, 322; *1834*, 592.

durch ein Eindringen tropfbar-flüssiger Eruptiv-Gesteine in bereits vorhandene oder durch sie bewirkte Spalten der von ihnen durchbrochenen Gestein-Schichten gehören zu den gewöhnlichsten und sind schon (S. 269 u. a.) berührt. Die Einwirkung der injizirten Massen auf das Haupt-Gestein, ihre Scheidung in verschiedene Mineral-Arten, die Anordnung und die krystallinische Ausbildung der letzten sind aber Verhältnisse, welche noch eine nähere Betrachtung erfordern.

Oft ist mit ihrem Eindringen ein Erweichen und Aufblähen der Gebirgs-Masse an den Gang-Wänden verbunden, weßhalb der Granit, welcher den Gang von Romanèche einschließt, bald unveränderte, bald verschlackte und blasige Theile enthält, welche wieder in homogene und steinartige Silikate übergehen, so daß man nicht zweifeln kann, sie seyen durch vollkommene Schmelzung des Granites entstanden. — Die Ausfüllung wird entweder allmählich und mit Zwischenräumen, oder auf einmal bewirkt. Im ersten Falle bietet der Gang in die Gangart eingeschlossene Trümmer dar; die einzelnen Gangarten nehmen unabhängige Lagen ein und kreuzen einzeln den Haupt-Gang, um vom Hangenden zum Liegenden und zurück zu gehen. Im letzten Falle sind seine Bestandtheile inniger mit einander verbunden, und wenn dieselben nicht gleichförmig durch-einander gestreut sind, so liegt die Ursache in der Krystallisations-Kraft, welche während des Erstarrens der in den Gang eingedrungenen Flüssigkeit bis zu einem nur noch halb-weichen Zustande derselben oder sogar bis zum Augenblicke völliger Erstarrung die homogenen Theile einander näherte und mithin die heterogenen aus-einander schied (§. 88, S. 233 f.). So sieht man die Metalle vieler Legirungen während des Erkaltens fast vollständig sich von einander trennen oder wenigstens in anderen Verhältnissen zusammentreten, häufiger aber sich die Schwefel-Metalle aus den Steinen, den Graphit aus dem Gusse, den Posphor aus dem gesättigten Posphor-silber ausscheiden, und noch gewöhnlicher beobachten die Chemiker diese Erscheinungen auf nassem Wege (Granit und Porphyr bieten uns großartige Beispiele ähnlicher Vorgänge in der Natur). Wirkt nach der Abkühlung neue Wärme auf diese Bildungen ein, so kann jenes Auseinandertreten weiter fortgesetzt werden. So fand Forchhammer, daß manche Augit-Krystalle in Arendal nur die äußerliche Form und Hülle des Augits besitzen, im Innern aber aus einem Gemenge von Hornblende und Granat bestehen (vgl. S. 373,

Nr. 108), was sich aus einer später wiederholten Erhitzung der Gang-Masse erklärt, von der bereits Hausmann bemerkt hat, daß viele ihrer Krystallisationen (Granat, Colophonit, Apatit u. s. w.) wie angeschmolzen seyen.

Was nun die Vertheilung der Mineral-Arten in den auf obige Art erfüllten Gang-Räumen betrifft, so kann man sich folgendes allgemeine Bild derselben machen: ein mittler Kern, gewöhnlich sehr reich an Schwefel-Metallen; darum nach allen Seiten eine Zone aus Schwefel-Metallen und Gangart, das Ganze eingeschlossen in mehr oder weniger reiner erdiger Gangart; — diese typische Bildung modifizirt durch den Einfluß der Gang-Wände und einzeln hineingefallener Gebirgs-Trümmer oder auch häufigerer Reibungs-Produkte, und endlich abändernd nach den individuellen Verhältnissen und der Bildungs-Weise eines jeden Ganges. Denn wäre die flüssige Gang-Masse in freiem Raume sich selbst überlassen, so würde sie sich zur Kugel gestalten und, wie man von ganzen Erd-Körpern es annimmt, sich beim Erkalten in konzentrische Schichten ordnen, welche je nach der Natur der Verhältnisse allmählich ineinander übergehen oder scharf aneinander absetzen. Dasselbe erfolgt nun auch im Gang-Spalt, nur daß nach der Form des Spaltes jene Kugel in ein plattes Sphäroid übergeht, das von hineinsinkenden Gebirgs-Trümmern und der Form und Zusammensetzung der Wände weiter modifizirt wird. — Fallen nämlich durch die Erschütterung, welche das Eindringen der flüssigen Gangart veranlaßt, einzelne **Gesteins-Trümmer** in die Ausfüllung der Gang-Spalte, so wirken sie als Punkte, von denen die Krystallisation ausgeht, gleich den Fäden und Stäbchen in den Abdunstungs-Schaalen bei künstlichen Krystallisations-Prozessen, wie folgende Beispiele zeigen. Die Lagerstätten von Allevard enthalten u. A. Quarz, kohlens. Eisen, kohlens. Kalk und Schwefeleisen; diese sind an manchen Stellen der Gänge so durcheinander gemengt, daß man ihnen nothwendig einen gleichzeitigen Ursprung zuerkennen muß; die Masse drang in die Gang-Spalte ein in einem teigigen Zustande und verglühend, so daß sie vermochte, die dabei sich von den Wänden trennenden Schiefer-Fragmente in sich und ohne Berührung zu einander schwebend zu erhalten, sie zu härten und zu entfärben. Um diese Fragmente setzte sich nun zuerst eine mehre Linien dicke Kiesel-Rinde ab, das kohlensaure Eisen bildete um diese eine zweite Hülle,

und die Schwefel-Metalle überzogen oder erfüllten die noch übrigen Lücken; und diese Ordnung der Dinge ist in diesen Gängen überall die herrschende. Beim Thurme von Salvagny im Lyonesischen dagegen durchsetzt den Granit ein Gang aus Flußspath und Quarz, worin alle Granit-Trümmer von violettem Flußspath umschlossen und die übrigen Räume überall von Quarz-Masse erfüllt sind, welche an den leergebliebenen Stellen Drusen bildet. Die Bleiglanz-Gänge von Argentière in den Alpen des Dauphiné durchsetzen eine 300^{m} mächtige Quarzit-Masse, welche zwischen Kalkstein und Anthrazit-Sandsteln liegt; der Quarzit war schon von senkrechten Querklüften durchsetzt, als er auch durch senkrechte Längenklüfte zertrümmert und in diesen mit gleichzeitig eingedrungener Bleiglanz- und Baryt-Masse erfüllt wurde, welche, soweit es das darin angesammelte Reibungs-Produkt des Quarzites gestattete, von beiden Seiten her auch in die Queerklüfte vordrang; der Gleichzeitigkeit der Bildung ungeachtet, hat der Bleiglanz überall die Quarzit-Trümmer unmittelbar umschlossen, und der schwefels. Baryt ist, ohne sie irgendwo zu berühren, als Zäment in die Zwischenräume zurückgedrängt worden. Die Grube von Pronal bei Pont-Gibaud in Auvergne baut auf einem Gang, der sich stellenweise erweitert und eine große Menge schiefriger Fragmente enthält, welche entfärbt und überall umhüllt sind von einem so innigen Gemenge aus Schwefel-Zink und -Blei, daß fast jede Krystall-Lamelle der Blende durch ein Häutchen von Bleiglanz gleichsam vererzt wird; der damit gleichzeitige Quarz ist in die Zwischenräume zurückgedrängt, wo er Krystall-Drusen mit Bleiglanz-Oktaedern bildet. Derartige Umhüllungen eingeschlossener Bruchstücke sind in Deutschland längst unter dem Namen **Ringerz** bekannt. — Anfangs möchte man glauben, die größere Strengflüssigkeit der Materie habe das frühere Ansetzen derselben um jene Stein-Fragmente bedingt; denn wenn Quarz und Baryt die strengflüssigsten unter den genannten Bestandtheilen sind, so sieht man zwar zu Allevard den Quarz vor dem Eisen-Karbonat, aber bei Salvagny den Flußspath vor dem Quarze und zu Argentière den Bleiglanz vor dem Baryt angesetzt u. s. w. Man kann diese Erscheinung daher nur erklären mittelst der zwar noch dunkeln Thätigkeit der Affinität, welche aber auf eine rege Weise die Moleküle der Flüssigkeiten in Bewegung setzt, um sie hier miteinander zu vereinigen,

dort sie von einander zurückzustoßen, wie namentlich bei künstlichen Salz-Krystallisationen sich die Krystalle nicht leicht an befetteten Wänden der Gefäße absetzen. — — Die Gesteins-Trümmer, von welchen bisher die Rede gewesen, sind aber eigentlich nur aliquote, wenn auch abgesonderte, Theile der Wände des Gang-Spaltes, und wie sie im Einzelnen und Kleinen, so wirken diese Wände selbst im Ganzen und Großen. Dieselben Massen, welche sich zuerst um die Trümmer angesetzt, lagern sich meist auch zunächst um die Wände an, so ferne sich hier nicht andere Verhältnisse geltend machen, denn die metallischen Massen werden sich immer zu innerst, die steinartigen nach außen ansetzen, wie im Erd-Sphäroide selbst u. s. w. Der schon oben erwähnte Arendaler Gang enthält die manchfaltigsten Mineralien, welche nach Hausmann bald ein gleichförmig gemengtes körniges Gestein darstellen, das entweder dessen ganze Mächtigkeit erfüllt oder sich in parallele Lagen ordnet, bald aber auch in seine Gemengtheile deutlich auseinander tritt. Inmitten dieser Verwirrung erkennt man jedoch, daß gewisse Mineralien sich gegenseitig gegen die Gang-Wände anhäufen (Granat, Augit, Hornblende) und sie bis auf eine gewisse Dicke innigst durchdringen, während andere (Sphen, Prehnit, Borate, Kalkspath, Pyrite) sich in Drusen ausscheiden. Der Feldspath-reiche Gneis vom Fort Saint-Jean zu Lyon wird von Eurit-Gängen durchsetzt aus röthlichem Feldspath, weißem Glimmer und fein zertheiltem Quarz; zuweilen ist auch Turmalin vorhanden, welcher alsdann krystallinische und krystallisirte-Nieren und Platten in der Mitte bildet, die vom Quarze umgeben sind, während der Feldspath großentheils gegen die Spalt-Wände hervortritt, mit denen er sich als mit einem verwandten Gestein in hoher Temperatur innigst verbunden hat; zweifelsohne waren die zahlreichen Feldspath-Krystalle in den Gneis-Wänden eben so viele Anziehungs-Punkte, welche die peripherische Absetzung des Feldspathes in den Gängen bestimmten. Eben so sammelt sich auch in den weit erstreckten, doch nur 3″—4″ starken Gängen in Granit, worauf Schloß Francheville bei Lyon steht, der opalartige Quarz in der Mitte, der glimmerige Feldspath gegen die Wände. — Manche Erscheinungen hängen von der Annäherung beider Wände gegen einander ab. Drücken sich die Gänge von Francheville etwas mehr zusammen, so verschwindet der Quarz ganz aus ihrer Mitte.

Die liegenden Gänge von Chessy und Saint-Bel bestehen aus Kupfer- und Eisen-Kiesen in Form von oft sehr verbogenen Scheiben, deren Mitte ein körniges Pyrit-Gemenge ohne Drusen und Anzeigen periodischer Fortbildung darstellt; je mehr sich aber die Gänge im Streichen auskeilen, desto mehr nimmt der Kupfer- gegen den Eisen-Kies ab, und splittriger oder etwas krystallinischer Baryt, der in der Mitte selten gewesen, nimmt überhand und verdrängt zuletzt die Kiese völlig; wenn endlich die Gänge der gänzlichen Zerdrückung nahe sind, wird auch der Baryt durch röthliches Feldspath-Gestein mit Quarz-Kugeln und Pyrit-Punkten ersetzt, und zuletzt erfüllt Quarz die noch 2‴—3‴ breiten Trümmer. Der Mangan-Gang im Granite von Romanèche läuft von S. nach N. und erweitert sich hier zuweilen stockwerkartig; an einer Stelle jedoch ändert er die Richtung, verliert dabei an Mächtigkeit und Erz-Gehalt, so daß dieses nur noch vereinzelte und mit Granit-Grus erfüllte Knoten darin bildet: Flußspath und Quarz nehmen dagegen zu, und Spuren von Baryt beginnen zerstreute Krystallisations-Centra zu bilden. Eine Viertelstunde weiter findet man in nur 2″—3″ mächtigen Gang-Trümmern Barytspath mit Quarz-Körnern gemengt, ohne alles Mangan. Jenes Manganerz nun ist der Psilomelan, worin Baryt unmittelbar mit Mangan-Peroxyd verbunden ist; mit der ersten Verarmung des Ganges tritt die Schwefelsäure auf, um das Oxyd zu ersetzen und einzelne Baryt-Nieren im Manganoxyd-Baryt zu bilden; es ersetzt mit Zertrümmern des Ganges das stellvertretende Oxyd gänzlich. Die barytische Base erstreckt sich also durch den ganzen Gang; von den zwei elektro-negativen sich ablösenden Stoffen nimmt der metallische das Zentrum, die stärkere Säure die Peripherie oder vielmehr das Ende des Ganges ein, was ein den gewöhnlichen chemischen Resultaten entgegengesetztes Polaritäts-Verhältniß anzudeuten scheint. Den Bergleuten aller Gegenden ist bekannt, daß mit allmählicher Zerdrückung eines Erz-Ganges die Erz-Massen ganz aus der Mitte der Gangart zu verschwinden pflegen. — Was hier über die horizontale Erstreckung der Gänge gesagt ist, gilt nach der oben angedeuteten Ansicht von der Natur der Gänge natürlich auch für die vertikale. Jedermann weiß, wie in Ungarn und Nassau der Quarz, zu Riegelsdorf und Bieber der Baryt, zu Schweidnitz und Silberberg der Kalkspath die Verarmung

der Erz-Gänge nach der Teufe veranlaßt. Die Eisenerz-Gänge von Siegen und Sain bieten nach Schmidt in ihren oberen Teufen Eisenspath und Quarz mit einigen Spuren von Kies dar; in den unteren wird Quarz vorherrschend und das Eisen durch Kupferkiese ersetzt. Die dortigen Kobalt-Gänge enthalten in den oberen Teufen Quarz, Kobalt und Eisen, in den unteren werden sie ausschließend kieselig und chloritisch. — Auf alle diese Erscheinungen hat das spezifische Gewicht der Mineralien keinen Einfluß, so wenig als die Schmelzbarkeit. Fournet [1]).

Es bedarf hier kaum einer Erinnerung, daß die injizirte Felsart nicht selten auch den Schicht-Flächen der durchbrochenen Gesteine folgen konnte, und dann **Lager-förmige Gänge** bildete (den Whin Sill z. B.).

D. Die Bildung der besonderen Lagerstätten durch **Zusammenschmelzung** der zwei mit einander in Berührung kommenden Gestein-Arten, der durchbrochenen nämlich und des Erz-reicheren Theiles der durchbrechenden (B), kommt ebenfalls nicht selten vor. Doch ist diese Zusammenschmelzung nicht so leicht von den in schmale Gang-Spalten eingedrungenen, verhältnißmäßig geringen und daher sich rascher abkühlenden Injektiv-Massen ausgegangen, als auf den Hauptberührungs-Flächen von beiderlei Felsarten eingetreten, zwischen welchen daher nicht selten Metall-reiche Massen **lagern**, welche ihrer Natur nach mit keiner von jenen beiden übereinstimmen.

E. Eine **Sublimation** verdampfbarer Stoffe (S. 324 u. a.) in und aus dem Eruptiv-Gesteine findet nicht nur während dessen feurig-flüssigen Zustandes, sondern auch noch im schon erstarrten heißen, ja sogar — auf langsame Art — noch lange nachher Statt, wenn es überhaupt oder wenigstens in einiger Tiefe noch eine nur geringe Erhitzung besitzt. Selbst bei gewöhnlichen Temperatur-Verhältnissen müssen aus tief in die Erde hinabreichenden Spalten Dämpfe solcher Art fortwährend aufsteigen und sich in kälteren Teufen der plutonischen durchbrechenden, wie der durchbrochenen Gebirgs-Arten wieder anlegen, entweder so wie sie sind, oder nachdem sie sich mit anderen in diesen Teufen vorgefundenen

[1]) *Ann. de chim. phys. 1838, Août*, LXVIII, 387—415.

Elementen verbunden haben (**Gang-Ausfüllung** durch **Sublimation**). Es erklärte sich dabei, warum eine von Eruptiv-Gestein überlagerte neptunische Masse weniger Erz-reich zu seyn pflegt, als eine überlagernde (beim Ausbruch schon vorhanden, oder später doch noch mit dessen Herd in Verbindung gewesene). — Da aber, wo solche offene Spalten nicht vorhanden, findet eine Verbreitung verdampfbarer Stoffe von den allgemeinen Kontakt-Flächen oder auch von den Spalten aus doch noch Statt auf dem Wege der **Zämentation**, wodurch selbst die dichtesten Massen von verdampfbaren, bei mehr oder nur wenig erhöhter Temperatur, gleichförmig durchdrungen werden können, wenn sie insbesondere eine gewisse Anziehungs-Kraft gegen sie auszuüben vermögen (§. **105 B**). Auf diese Art dürften die meisten Metall-Anhäufungen in den unteren Teufen solcher neptunischer Gesteine zu erklären seyn, welche auf jüngeren plutonischen ruhen. Berücksichtigt man aber, daß die Geeignetheit der Gebirgs-Schichten zur Zämentation von ihrer chemischen Mischung, ihrer Härte, ihrem Korn u. dgl. mit abhängt, so begreift man, warum zuweilen eine tiefere, dem Eruptiv-Gesteine nähere Schichte weniger Erz-reich geworden ist, als entferntere.

Die Eisenerze der Ost-Pyrenäen, Brauneisenstein und Eisenspath, sind unabhängig von den Formationen, worin sie vorkommen, indem sie an der Gränze dieser Gebirge und des Granites auftreten. Ihre Entstehungs-Zeit scheint zwischen die der Kreide und der Tertiär-Bildungen zu fallen, wo die Pyrenäen-Kette gehoben wurde, Dufrenoy [1]).

(Auch die vielen Erze von Chessy und St. Bel bei Lyon erscheinen auf der Grenze zwischen metamorphischen Schiefern und Flötz-Gebirgen, und zwar in beiden.)

Beispiele, wie neptunische Gesteine in der Nähe von plutonischen Erz-führend werden, findet man häufig. So bei Elie de Beaumont [2]).

Hausmann findet es wahrscheinlich, daß am Harze Eisenoxyd, zugleich mit Diabas, in Dampf-Form (vgl. S. 325) aufgestiegen und so nicht nur in den Diabas selbst, sondern auch in Thonschiefer, Grauwacke und Kalkstein eingedrungen seye, um dort die Masse gleichförmig zu durchdringen und kugelige und unbestimmt eckige Ausscheidungen, Lager und Nester zu bilden, insbesondere aber hier mehr oder weniger weit sich in die Gesteine hineinzuziehen [3]). Ebenso da, wo Granit mit diesen Gesteinen in Verbindung kommt, indem es die äußersten Theile des Granites in Masse färbt und sich auf den Scheidungs-Flächen gegen die anstoßenden Gesteine konzentrirt [4]). So endlich scheint auch das Eisenoxyd mit dem rothen Porphyr

[1]) Jahrb. *1835*, 705. — [2]) Jahrb. *1836*, 378.
[3]) Jahrb. *1839*, 600. — [4]) Das. 604.

emporgekommen zu seyn. Es färbt in dessen Nähe die Grauwacke-Massen von außen, aber nicht bis zu beträchtlicher Tiefe, und bildet Gänge, die sich jedoch in das Nebengestein verflößen [1]. Noch deutlicher wird die Entstehungs-Weise der Harzer Erzgänge durch das, was Hausmann noch weiter über ihre Beziehung zu den eruptiven Gesteinen anführt [2].

F. Wegen der sekundären Gang-Gebilde, der Umbildungen der anfänglichen Bestandtheile durch elektro-chemische u. a. Kräfte, können wir auf frühere Abschnitte verweisen.

Insbesondere vgl. §. 84, 85 u. a.

G. So unterliegt es auch keinem Zweifel, daß in manchen Fällen die Anhäufung von Erzen in den untersten Theilen der neptunischen Gesteine, welche zunächst auf den Eruptiv-Gesteinen aufliegen, nur davon herrühre, daß die Hitze der letzten die in ersten selbst schon mechanisch oder chemisch eingemengten Erze, mit oder ohne chemische Veränderung, in Bewegung gebracht, in bereits vorhandenen oder ebenjetzt erst entstandenen Spalten und Blasen (Drusen) abgesetzt, oder in weniger erhitzten Theilen derselben durch die ganze Masse hin mehr angehäuft habe.

a. Die Metall-Arten neptunisch gebildeter Gesteine pflegen allerdings hauptsächlich nur Eisen und Mangan zu seyn. Doch enthalten sie je nach der Art der Urbestandtheile, aus deren Zertrümmerung sie hervorgegangen, auch von andern Metallen oft genug, um, vermöge der Molekülar-Anziehung verwandter Theile (S. 233) Krystalle und größere Massen davon ausscheiden zu können. So enthält der Tertiär-Sandstein von Paris nach Brongniart: 0,1642 Mangan-Deutoxyd
0,0748 Eisen-Peroxyd
0,0008 Kobalt-Oxyd
Spuren von Kupfer und Arsenik, zuweilen mit Eisenoxyd-Hydrat, Mangan-Peroxyd und angeblich Zinkoxyd [3].

b. Nach obiger Ansicht läßt es sich erklären, daß in Cornwall manche Gänge Zinnerz, so lange sie im Granit aufsetzen, und dieselben Gänge Kupfererz führen, wo sie durch den Thonschiefer gehen. Henwood leitet daher die Gänge von einer **Segregation**, von einem **Aussickern** ab [4]. Vielleicht darf man aber selbst in diesem Falle eine Sublimation annehmen, bei welcher jede Erzart sich an diejenige Gebirgsart absetzt, welcher (durch eigene Erzführung u. dgl.) die größere Anziehungs-Kraft gegen sie innewohnt.

H. Ein weiteres Studium der Gänge und besonderen Lagerstätten in diesen Beziehungen würde sehr reichliche und schätzbare Resultate liefern.

---

[1]) Jahrb. *1839*, 605. — [2]) Das. 608—609. — [3]) Jahrb. *1836*, 217.
[4]) Jahrb. *1840*, 489.

Wir haben uns hier mit wenigen Andeutungen begnügen müssen und verweisen hinsichtlich mancher anderer trefflicher Beobachtungen über die Gänge in Rauris auf Russegger (Jahrb. *1835*, 182, 214 ff., 317; *1836*, 194;) — über jene im Freiberger Revier auf v. Herder (Jahrb. *1840*, 469); — über die in Cornwall auf Fox (Jahrb. *1836*, 221); — über Umbildung der Gänge auf Fournet (Jahrb. *1836*, 220) und De la Beche (Jahrb. *1838*, 686); — dann aber auf v. Leonhard (Jahrb. *1834*, 145) und hauptsächlich dessen „Geol. u. Geognosie" S. 755—844 u. s. w.

§. 110. **Verschiedenartiger Ursprung gleichartiger Feuer-Gesteine.**

A. Aus dem Bisherigen erhellt nun, daß ein und dasselbe Gestein sehr verschiedenen Ursprungs seyn und mithin in den mannichfaltigsten Lagerungs-Beziehungen zu anderen Gesteinen vorkommen könne.

Beispiele.	Ursprüngliches Gestein. Seite.	Eruptives Gestein. Seite.	Metamorphisches Gestein. Seite.	Transmutirtes Gestein. Seite.
Granit . .	94	305	350, 352, 366	329, 368, 370
Syenit . .	94	306, 318	366	368
Gneis . . .	94	305, 306	350, 354, 365, 367	368, 370
Granulit . .	94	306	365	
Porphyr . .	. . . .	307	340, 346, 352, 367	368
Diorit . .	94	307, 318	366	368, 370
Körniger Kalk	? 96	304	334 ff.	
Thonschiefer	(neptunisch)	311	343	

B. Ob es aber allgemein petrographische Merkmale gebe, um solche gleichnamige Gesteine verschiedenen Ursprungs von einander zu unterscheiden, läßt sich zur Zeit noch nicht darthun, wenn gleich große örtliche Abweichungen oft nicht zu verkennen sind.

a. Auf die Unterschiede zwischen einem Gebirgs-Granite und einem älteren und jüngeren Gang-Granite, welche aber ihren Grund bloß in der den letzten zukommenden schnelleren Abkühlung haben können, haben wir S. 317 hingedeutet. — Dasselbe gilt vom Gneise nach Russegger (S. 317). Doch haben wir auch nach Fournet die unterscheidenden Merkmale zwischen eruptivem und metamorphischem Gneise angegeben (S. 365). — Auch wird nach demselben eruptiver Thonschiefer sich vom neptunischen unterscheiden lassen (S. 311). — Von den eigenthümlichen Merkmalen des, wenn wir nicht irren, dem eruptiven Porphyre untergeordneten Baveno-Granites spricht L. v. Buch [1]).

[1]) Jahrb. *1830*, 322.

b. Im Großen und Ganzen aber versichert B. Studer in den Alpen einen primitiven Granit, Gneis und Glimmerschiefer von metamorphischen in Handstücken nicht unterscheiden zu können. Nur ihre Vergesellschaftung (Granit, Syenit, Granit-Gneis, Gabbro, Gabbro-Schiefer, Talk- und Glimmer-Schiefer u. s. w.), ihre aufrechte Lagerungs-Folge und ihre allmählichen Übergänge in wagerechter Erstreckung scheinen ihm die leitenden Merkmale zu seyn [1]).

c. Keilhau dagegen versichert, daß um Christiania und in einigen anderen Gegenden Norwegens der transmutirte Granit und Porphyr sich durch äußerst markirte petrographische Charaktere sich von anderen Graniten und Porphyren des Landes streng unterscheiden, wie sie auch anderseits an ihrer, schon S. 368—369 erwähnten Vergesellschaftung und ihren Übergängen leicht erkennbar sind [2]).

d. So müssen wir daher erwarten, ob künftige Forschungen auf diesem noch kaum betretenen Wege uns weitere Aufschlüsse gewähren.

C. Daher muß aber zuletzt die Frage entstehen, ob dann bei so häufig unbezweifelbar sekundärer und jugendlicher Bildung jene Gesteine auch erwiesener Maasen wirklich als Urgebilde irgendwo vorkommen? insbesondere aber, ob es eine erwiesene Thatsache seye, daß wirklich alle anderen Gesteine auf einer tiefsten granitischen Rinde unserer Erdkugel ruhen? Wenn man sich erinnert, wie viel lückenhafter und unzusammenhängender unsere Beobachtungen werden, als sie tiefer in die Erd-Rinde hinabgehen, wenn man die hypothetische Möglichkeit bedenkt, daß unter einer alle unsere bekannten neptunischen Gebirgs-Schichten unterteufenden Granit-Masse doch immer wieder eine andere Reihenfolge neuer Schicht-Gesteine gelagert seyn könne, so wird ein solcher Zweifel zwar möglich, doch nicht eben sehr wahrscheinlich. Wenn somit die neue Theorie der Erdrinden-Bildung einerseits der älteren Geologie ihre anscheinend von der Beobachtung selbst dargebotene gewesene Unterlage unsicher zu machen scheint, so dient sie dagegen anderseits in so fern wieder zu deren Befestigung **a priori**, als sie das Beginnen der Erdrinde-Bildung mit dem Erstarren krystallinischer Massen-Gesteine als eine Nothwendigkeit darstellt, ohne welche alle anderartigen Gesteins-Bildungen unmöglich gewesen wären.

---

[1]) Jahrb. *1840*, 347. — [2]) Jahrb. *1841*, 125, 126.

III. Rückblicke auf die neptunische Thätigkeit.

§. 111. Oberflächen-Bildung.

A. Die allmählich in verschiedenen Stufen fortgeschrittene Abkühlung der Erdoberfläche, wie die bisher geschilderten plutonischen Wirkungen konnten nicht ohne Einfluß auf die neptunische Thätigkeit bleiben, sondern mußten sie durch Verbindung mit ihr oder durch Entgegenwirken gegen sie von der früher geschilderten Thätigkeit abweichen machen. Doch ist unsere Absicht nur einige wichtigere Verhältnisse herauszuheben.

B. Wir haben aus astronomischen Gründen gefolgert, daß die anfängliche **Form der Erde** die eines regelmäßigen Rotations-Sphäroides (S. 25), wenn auch mit rauher Oberfläche (S. 88—90) gewesen seye. Die sich später niederschlagende Wasser-Hülle, das Meer, konnte und mußte folglich nach demselben Gestaltungs-Gesetze dasselbe überall gleichmäßig und daher in verhältnißmäßig nicht beträchtlicher Höhe bedecken. Erst in Folge der Jahrtausende lang fortgesetzten plutonischen, weniger der anfangs von jener bedingten neptunischen Thätigkeit entstanden allmählich die jetzigen Ungleichheiten des Sphäroides im Großen und die Unregelmäßigkeiten der Oberfläche im Kleinen: es bildeten sich mithin anfänglich, oder waren schon vorhanden, nur wenige kleine und niedrige **Inseln**, deren Zahl, Größe und Höhe sich allmählich vermehrte, und welche zum Theil zu **Kontinenten** zusammenflossen, während an andern Stellen der Grund des Meeres tiefer einsank. So erhob sich allmählich über ein Drittheil der ganzen Erd-Oberfläche in den manchfaltigsten Abänderungen der Lage, der Umrisse und der Höhen in Form von **Tief-** und **Hoch-Ebenen**, von **Bergen** und **Bergketten** mit ihren **Thälern, Rücken** und **Spitzen** bis zu 24.000′ Höhe über dem Meeres-Spiegel, und es entstunden die an Begrenzung, Erstreckung und Tiefe so manchfaltigen Meere: **Weltmeere, Mittelmeere, Binnenmeere, Landsee'n**, mit ihren Armen und Busen. Stellen, welche eine Zeit lang gesunken, können periodisch wieder gestiegen seyn, u. u. (vgl. §. 94, S. 252 ff.)

a. Das trockene Land bietet jetzt nicht halb so viel Fläche dar, als der in die Tiefe versunkene Meeresgrund, und wird manchmal selbst nur auf $\frac{1}{4}$ der gesammten Wasserflächen angenommen; über $\frac{2}{3}$ davon liegen auf der nördlichen Hemisphäre [1]); seine Ebenen liegen 100′—1000′, ja 10.000′ hoch über dem

[1]) Genauere Angaben: Muncke II, 118.

Spiegel des Meeres; seine Ketten haben 1.500′—15.000′, und einzelne Bergspitzen erheben sich 20.000′—24.000′ oder 1 Meile hoch. Als mittle See-Höhe der gesammten trockenen Erdoberfläche nimmt man 3000′ an, und wenigstens eben so groß sind die Geometer geneigt die mittle Tiefe des Meeres zu setzen, dessen Grund im Übrigen eben so ungleich seyn kann, wie die der trockenen Oberfläche. (Laplace hat die mittle Tiefe des Ozeans nach Ebbe und Fluth und nach der mittlen Dichtheit der Erde auf 4 Meilen berechnet, was im nämlichen Verhältniß, wie die mittle Höhe des Landes zur Flächen-Ausdehnung eines jeden steht [1]). Die größten Tiefen des Meeres sind nach Messungen wenigstens 6000′ tief, erreichen aber sicher, da man an vielen Orten ihren Grund nicht erreicht hat, mehre Meilen; so daß diese Unebenheiten gewiß wenigstens 3 Meilen Differenz oder $\frac{1}{2}$ von dem Betrag der Abplattung an den Polen erreichen müssen.

b. Inzwischen haben Pendel-Beobachtungen und astronomische Messungen der Wölbungen der Erde vom Äquator gegen die Pole (**Gradmessungen**) für diese wie für die Längen-Richtung der Erde sehr ungleiche Resultate geliefert, welche nicht auf Beobachtungs-Fehlern beruhen können [2]). Es geht daraus hervor, daß, selbst wenn man aus den Ungleichheiten der starren Erdrinde die Wölbung des benachbarten Meeresspiegels berechnet, dieser überall etwas abweichend erscheint, wodurch die obige Ungleichheit der Oberfläche, d. h. ihrer Abstände vom Mittelpunkte, noch um ein Ansehnliches vermehrt wird. Daher sind 1) die Wölbungen der starren Erd-Oberfläche in die Breite wie in die Länge an verschiedenen Orten verschieden und entsprechen keineswegs genau der Oberfläche eines Revolutions-Sphäroides, sondern sind durch Ungleichheiten unterbrochen, welche, lokal genommen, dem Betrage der Abplattung an den Polen nahe kommen können, ohne weiter bestimmte Lagen und Größen zu besitzen. 2) Selbst der Meeresspiegel entspricht weder genau der Oberfläche einer Kugel, noch eines Revolutions-Sphäroides, und gibt sogar unter gleichen Breiten keinen sicheren Maasstab zur Beurtheilung der Entfernung der Oberfläche vom Mittelpunkt. Er hat als Basis für Höhen-Messungen daher nur einen sehr relativen örtlichen Werth. — Über den Einfluß klimatischer Ursachen auf den Stand des Barometers am Meeresspiegel bei 0° Temperatur, welchen v. **Humboldt** zuerst bemerkte und Erman darauf in seiner Gesetzlichkeit nachwies (einen höheren Barometer-Stand an der Polargrenze abnehmend gegen die Äquatorial-Grenze beider Zonen der Passat-Winde), haben wir noch detaillirte Untersuchungen von Schouw [3]), wobei aber die Differenzen, welche von der sphäroiden Form der Erdkugel abhängen, noch nicht berücksichtigt sind. Poggendorff und Berghaus [4]) weisen das Genauere nach.

---

[1]) Mecanique céleste, livre II, und Système du monde, p. 254.
[2]) Belege vergl. in Geol. und Geogn., S. 514—516; Muncke, Physik II, 69; Biot im Jahrb. *1830*, 354, und v. Zach *ib.* 320.
[3]) Jahrb. *1834*, 377.
[4]) Physik. Atlas, S. 58 und I, Tafel 6.

C. Erst in dem Maase, als das trockene Land gegen das Meer sich an Inhalt und Umfang vergrößerte und vervielfältigte und höher wurde, konnten auch die **Binnen-Gewässer** mit allen ihren Wirkungen sich vermehren und verstärken, insbesondere die Quellen und Bäche zahlreicher werden und diese sich zu mächtigen Strömen vereinigen. Da nun anderntheils die starre Erd-Rinde immer dicker, der Sitz aller plutonischen Thätigkeit immer weiter von der Oberfläche fortgerückt und diese immer schwerer zu überwältigen wird, so darf man behaupten, daß wenigstens von Seiten der Binnen-Gewässer die neptunische abwärtsführende Thätigkeit nicht nur gegen die plutonische aufwärtsführende, sondern auch an und für sich betrachtet in Zunahme begriffen seye, obschon daraus noch nicht folgt, daß sie mehr erniedrige, als jene erhöht.

D. Die **Thäler** verdienen ihrer Wichtigkeit wegen noch einen vervollständigenden Rückblick auf ihre manchfaltige Entstehungs-Weise durch beiderlei Kräfte und eine Nebeneinanderstellung ihrer Charakteristik.

Wir haben zu unterscheiden:

a. durch plutonische Thätigkeit entstanden:

1) **Ring-** oder **Erhebungs-Thäler** (S. 270), wo die ausbrechende Masse, ohne zur Oberfläche zu kommen, die aufliegenden Schichten durch Hebung und Wölbung unterbrochen, sie gegen die Mitte hin Mauer-förmig abgerissen und nach außen hin allmählich abfallen gemacht hat.

2) **Zerreißungs-Thäler** (S. 270): die von vorigen nothwendig ausstrahlenden Spalten mit senkrechten Wänden und sich zu beiden Seiten entsprechenden Schichten.

3) **Ausbruch-** oder **Eruptions-Thäler** (S. 270), wo neptunische Schichten gegen die empordringende, trennende Ausbruch-Masse, weil sie weich war, eingesunken sind, folglich von beiden Seiten gegen sie einfallen.

b. durch neptunische Thätigkeit entstanden:

4) **Auswaschungs-** oder **Erosions-Thäler** (S. 160), durch strömende Binnen-Wasser ausgehöhlt, mit fortdauerndem, doch abnehmendem Gefälle der verhältnißmäßig schmalen Thal-Sohle, in welcher die schief abfallenden Thal-Wände nahe zusammentreffen.

5) **Entblößungs-Thäler** (S. 161), die bei bestimmter Begrenzung ihrer Breite wegen nicht von den jetzt in ihnen strömenden Wassern ableitbar zu seyn scheinen und daher durch große über die Kontinente wegziehende Meeres-Fluthen entstanden seyn sollen (ob nicht zum Theil folgender Art: 7).

6) **Aufwühlungs-Thäler** (S. 190).

c. durch beiderlei Thätigkeit:

7) **Ausfüllungs-Thäler**: Thäler erster Art (a) mit höher gelegener

Abfluß-Schwelle sind durch zuströmende Wasser bis in das Niveau der Schwelle wieder aufgefüllt worden, daher mit breiter und ebener Sohle, lang oder kurz u. s. w.

8) **Treppen- oder Terrassen-Thäler** (S. 161): wenn im letzten Falle der Strom stufenweise tiefer in seine Abflußschwelle einschneidet, in Folge des vermehrten Gefälles nun wieder einen Theil des abgelagerten Materiales fortführt, sich hierdurch ein tieferes und schmaleres Bett unter dem Niveau der übrig gebliebenen Streifen der früheren Thal-Ebene aushöhlt und dieß noch 1—2mal wiederholt, so daß die Reste der verschiedenen früheren Thal-Sohle übereinanderliegende Terrassen bilden. Diese Bildung wäre zwar rein neptunisch. Sie kann aber auch dadurch herbeigeführt werden, daß der durch Anschwemmungen eben ausgefüllte Grund einer Meeresbucht, in welche Flußthäler einmünden, ruckweise immer höher über das Meer gehoben wird.

9) **Gemeine Flußthäler**: in deren Verlauf beide Kräfte stellenweise wechselnd einzeln oder zusammen auf verschiedene Art gewirkt haben.

E. So auch die **Höhlen**.

Sie entstunden:

a. durch plutonische Kräfte:

1) Weite Höhlen zwischen den sich zusammenziehenden konzentrischen Schichten der Erde (S. 239, 241).

2) primitive: durch ehemalige Luft-Blasen in plutonischen Massen; Krystall-Höhlen, Lava-Höhlen u. s. w. (S. 87, 88). Über eine Höhle im Trachyt berichtet Grimm [1]; über solche im Basalt Erbreich [2].

3) Höhlen durch Verbrennen kohliger Ablagerungen bei Erdbränden u. s. w.

b. durch neptunische Kräfte:

4) Wirkungen des brandenden Meeres an Uferwänden (S. 168).

5) Durch das unterirdische Verrinnen von kohlensäuerlichen Wasserströmen, Quellen, Bächen 2c. (S. 144 c und 150 d) längs der Spalten kalkiger und dolomitischer Gesteine, welche in jenem Wasser nicht nur etwas auflöslich, sondern auch wenigstens bei dem oft sehr lockern Zusammenhalt der Dolomite einer verhältnißmäßig raschen mechanischen Zerstörung ausgesetzt sind. Dieß ist ohne Zweifel die Art der Entstehungs-Weise der zahlreichen Höhlen in den Kalk- und Dolomit-Gebilden, wie sie im Übergangskalke (im Übergangskalke von Plymouth und Bergkalk von Clifton und Lüttich), im Muschelkalk bei Wimpfen, im Lias-Dolomit zu Anduze im Gard-Dept., im Jura-Kalk und -Dolomit im Karste bei Triest und in Franken, in Kreide zu Miremont, Dordogne, im Tertiär-Kalke zu Lunel u. s. w. gefunden werden. Aber die Ausweitung der Spalten zu Höhlen wird auf diesem Wege in der Regel nur dadurch möglich gewesen seyn, daß die sie enthaltenden Gebirge immer höher über den Meeres-Spiegel angestiegen sind und die auf ihrem Rücken versinkenden Wasser ein immer stärkeres Gefälle erlangten, um in muntrer

---

[1]) Jahrb. *1837*, 18. — [2]) Jahrb. *1837*, 700.

Laufe nicht nur immer frische Kohlensäure zuführen, sondern auch die chemisch oder mechanisch aufgelösten Stoffe rasch beseitigen zu können. In der That findet man in der Mehrzahl der Höhlen Spuren von ehedem sie durchlaufenden Wasser-Strömungen, in welchen Buckland freilich ohne Noth meistens Anzeigen des Sündfluth-Meeres erkennen möchte [1]). So lange diese Gebirge unter dem Meere geblieben, würde es dem in ihren Spalten befindlichen Wasser an Wechsel, an Kohlensäure, an Kraft zum Fortschaffen gemangelt, es würde vielmehr geneigt gewesen seyn, diese Spalten mit krystallinischem Kalke oder, wenn sie oben geöffnet, mit Schutt ꝛc. auszufüllen. Von der Wirkung kohlensaurer Quellen auf Eisenerz-Lager S. 184.

6) Durch chemisches Auswaschen, Auflösen von Kochsalz oder Gyps in durchrinnendem reinem Wasser. Daher die häufigen Gyps-Schlotten, wenn sie nicht zum Theil schon mit der Entstehung des Gypses durch Schwefel-saure Dämpfe zusammenhängen.

7) Höhlen durch mechanische Auswaschung im Glimmerschiefer entstanden beschreibt Graves [2]).

c. durch gemischte Kräfte:

8) Höhlen, durch vertikale Verschiebung von Fels-Massen an einander längs eines Gestein-Spaltes in der Art entstanden, daß konkave Stellen der zwei Seitenwände des Spaltes einander gegenüber zu liegen kamen. Daß sehr beträchtliche Verschiebungen der Art wenigstens queer auf die Richtung der Höhlen wirklich stattgefunden, erkennt man an dem Profilbilde, welches Buckland [3]) von der Biels-Höhle im Harz mittheilt, deren Verlauf wechselweise in höherm und niedrigerm Niveau liegt. Die höheren Stellen stoßen fast mit senkrechten Absätzen von vorn und hinten an die tieferen an, so daß keine Wasserströmung hätte gröbere steinige Materialien von den tiefen auf die höhern führen können, ohne jene erst damit auszufüllen, wodurch wieder die niedrige Höhle hätte ganz verstopft werden müssen. Dennoch sind beiderlei Strecken mit einer ungefähr gleichdicken Schichte von Sand und Erde belegt und diese mit einer Stalagmiten-Rinde bedeckt, was nur erklärbar ist durch ein anfänglich gleiches Niveau des Bodens, von welchem später einzelne Stücke emporgehoben worden, oder eingesunken sind.

9) Durch Aufblähung kalkiger Gesteine bei ihrer Umwandelung in Dolomit durch Bittererde-Dämpfe (S. 358 ff.). Bucklands Ansicht darüber scheint in Folge abweichender Meinung über Dolomit-Bildung etwas verschieden [4]).

---

[1]) Über Höhlen vgl. Buckland: *Reliquiae diluvianae, London* ***1823***, 4.; Schmerling: *ossemens fossiles des cavernes de la province de Liège*, II voll. 4. *Liège* ***1833*** ff.; Jahrb. ***1833***, 138, 592; M. de Serres; *essais sur les cavernes à ossemens, Paris* ***1838***, 8.; Jahrb. ***1830***, 108, 370; ***1833***, 601; ***1834***, 63 u. a. a. O. Wir glauben nicht zu den außerordentlichen Annahmen wie Parandier (Jahrb. ***1834***, 710) genöthigt zu seyn.

[2]) Jahrb. ***1837***, 209.

[3]) *Reliquiae diluvianae*, p. 270, pl. 16.

[4]) Jahrb. ***1837***, 74.

10) Durch Auflösung von kalkigen u. e. a. Gesteinen durch salzsaure, Hydrothion = saure und ähnliche Quellen während ihres unterirdischen Verlaufes.

11) Auf die Wirkung heißer Quellen auf quarzige Gesteine ist S. 184 hingewiesen.

§. 112. **Gesteins-Bildung.**

A. Aus den früheren Darstellungen folgt auch, daß keine Gesteins-Formation oder gar Gesteins-Schichte über die ganze Oberfläche verbreitet seyn könne und daß wohl jede einen Theil ihrer ursprünglichen Verbreitung wieder eingebüßt habe; daß die Formations-Folge mithin keineswegs überall, ja daß sie wohl an keinem Orte ganz vollständig seye, — daß sich keine Formation aus bloß petrographischen Charakteren und gegenseitigem Verhalten allerwärts wieder erkennen lasse, und daß die verschiedenen Formationen, welche man in einem Theile Europa's bis jezt angenommen, nicht überall dieselbe Mächtigkeit, dieselbe Gliederzahl, dieselbe Mineral = Natur und dieselbe Art oder denselben Grad von Abgrenzung gegen andere Formationen zeigen können.

a. Da sich die ersten Inseln schon in der frühesten Zeit erhoben, so kann später nie wieder die ganze Erdoberfläche von Wasser bedeckt gewesen seyn, sich mithin nie ein neptunischer Niederschlag auf der ganzen Oberfläche gleichzeitig abgesetzt haben; er mußte ferner auf einen um so geringeren Theil derselben beschränkt bleiben, je später er entstanden. — Die plutonischen Gebilde sind ohnehin überall nur lokale Erscheinungen ohne oberflächlichen Zusammenhang miteinander und ohne erweisliche Gleichzeitigkeit im schärferen Wortsinne.

b. Man findet zwar, daß eine und dieselbe neptunische Formation oft auf überraschend weite Erstreckungen sich in ihren petrographischen Charakteren sehr gleich bleibe. Aber ein Gleichbleiben derselben auf allen Absetzungs-Punkten und rund um die Erde ist darum nicht möglich, weil die im Ozean in einerlei Zeit = Momenten erfolgenden Niederschläge theils mechanisch und theils chemisch gebildet, theils durch Regen längs der Küsten-Linien hinabgewaschen und theils von Eisblöcken überall hingeführt, theils von stark strömenden Flüssen vor die Mündungen gerollt und theils von ihnen schwebend in Meilen-weite Entfernungen getragen, theils von warmen Quellen gelöst aus dem Innern der Erde mitten in den Schooß des Ozeans versetzt und dort chemisch niedergeschlagen werden, und weil diese Niederschläge bald in der ruhigen Tiefe des hohen Meeres, bald in geschlossenen Buchten der Küste, bald an fluthenden und brandenden, flachen oder steil abfsteigenden Ufern, bald endlich an stürmischen Vorgebirgen, auf ebenem oder abschüssigem Boden durch dauernde wechselnde oder vorübergehende Thätigkeit erfolgen, so daß die chemische Beschaffenheit der Materie, ihre Menge, ihre Feinheit, ihre Abrundung, ihre Bindung, ihre Schichtung und Schichten-Neigung und

demnach auch ihre Absonderungen allerwärts Veränderungen unterliegen müssen. Diese Abänderungen müssen aber um so größer seyn, je mannichfaltiger jederzeit die bedingenden Ursachen gewesen, d. h. je jünger die Bildung ist. — Namentlich aber können die Land- und Süßwasser-Bildungen immer nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil der Erd-Oberfläche, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{5}$ und endlich $\frac{1}{3}$ derselben, und diese nur in wenig zusammenhängenden Parzellen eingenommen haben; die gleichzeitig entstandenen hatten schon in geringer Entfernung keine Beziehung mehr unter sich, was noch mehr in die Augen fällt, wenn man nur die äußerst beschränkten Süßwasser-Bildungen allein beachtet. Bei wechselnden Hebungen und Senkungen flacher Ufer wechseln sie selbst örtlich, zuweilen wiederholt mit Meeres-Bildungen ab (so im Pariser Becken). Sie können stets nur Lokal-Bildungen seyn.

c. Welches aber auch die ursprüngliche Erstreckung einer Gebirgs-Formation seye: jede neue Richtung der Meeresströmungen, jede spätere Emporhebung bis in das Bereich der Wogenthätigkeit, der Brandung, der Ebbe, der Fluß-Mündungen, der Verlauf und Ausbruch warmer Quellen in ihnen, jedes Auftauchen über den Meeres-Spiegel in den Bereich der Tagewasser und der übrigen Atmosphärilien, jede entferntere oder nähere Berührung mit plutonischen Kräften und deren Erzeugnissen, ihre Aufrichtung, Zertrümmerung oder Metamorphose durch dieselben: stört oder unterbricht jene anfängliche Erstreckung oder verändert den anfänglichen Charakter des Gesteines oft bis ins Unkenntliche.

d. In jener ursprünglich weiten, wenn auch unterbrochenen Erstreckung einer und der nämlichen neptunischen Formation rund um die Erde unter Beibehaltung eines Theiles ihrer Eigenschaften und ihrer Einschlüsse, und eben so in der Beharrlichkeit der Aufeinanderfolge solcher Formationen liegt die Wichtigkeit und die Möglichkeit im Allgemeinen auf den verschiedensten Punkten der Erde irgend ein gesuchtes Niveau der Gebirgs-Bildung wieder aufzufinden; — in solchen häufigen ursprünglichen oder späteren örtlichen Unterbrechungen, in jener ursprünglichen Mannichfaltigkeit örtlichen Verhaltens und in diesen späteren Umänderungen mannichfaltigen Grades, die in jeder Formation mit oder ohne alle Beziehung auf benachbarte Formationen vorkommen, beruht die Schwierigkeit und oft die Unmöglichkeit die ohnehin häufig auf weite Strecken tief verdeckten Formationen aus ihrem horizontalen Zusammenhange und aus ihren petrographischen Charakteren allein wieder zu erkennen.

e. Eine sehr wichtige Folgerung entspringt aber aus diesen Verhältnissen hinsichtlich der gegenseitigen **Abgrenzung unsrer Formationen.** Man hat in Europa schon zur Zeit, ehe man die Petrefakte zu Rathe zog, die aufeinanderfolgenden Gebirgs-Schichten in eine kleinere Anzahl von Gruppen oder Formationen abgetheilt nach bloß petrographischen Kennzeichen (§. 81, S. 202), geographischer Erstreckung und gegenseitigen Verhältnissen der ersten; und diese Gruppirung ist später durch die Versteinerungen für einen immer größeren Theil von Europa u. a. Gegenden, wenn auch mit zuweilen geändertem Werthe der Glieder, im Ganzen bestätigt oder berichtigt worden,

würde sich aber ohne die letzten Merkmale jetzt kaum mehr erhalten können, da das Feld der Beobachtung ausgedehnter geworden ist. Irgend ein auffallendes und plötzliches Abändern in den genannten Merkmalen bot das Mittel und die Stelle der Abgrenzung dar, und man scheint sich sehr allgemein der Hoffnung überlassen zu haben oder sich noch zu überlassen, daß eine solche Schärfe der Abgrenzung zwischen denselben Formationen überall möglich seyn werde, obschon bereits in der Mitte von Europa, in Deutschland selbst, durch Auffindung neuer, der Beobachtung dargebotener Schichten-Folgen die Grenzen zwischen einigen dieser Formationen, wie zwischen Trias-, Oolith-, Kreide- und vielleicht selbst Molasse-Gebilden sehr unsicher geworden ist [1]). Dieß darf aber in der That nicht befremden, und welche uns bekannte Verhältnisse wir auch als Ursachen des **plötzlichen** Wechsels der Charaktere zwischen zwei Formationen in Europa denken mögen, immer können sie nur verhältnißmäßig örtliche seyn und für andere Welt-Gegenden nicht bestehen. Solche auffallende Wechsel können nämlich (immer von den organischen Merkmalen abgesehen) wohl nur bewirkt werden durch das Fehlen der den Übergang vermittelnden Schichten: 1) seye es nun, daß sich solche gar nicht abgesetzt hatten, weil die Gegend damals auf lange Zeit entweder in der Mitte eines ausgedehnten Ozeans gelegen war, welche neue Gesteins-Niederschläge weder aus den chemischen Auflösungen im Wasser des Ozeans selbst, noch durch horizontale Zufuhren empfing, — oder weil sie sich auf einem trockenen Kontinente (man denke an einen großen Theil unsres jetzigen Afrika's) oder auf der Hochebene eines solchen befand, wo die Verhältnisse der Bildung von Niederschlägen nicht günstig waren; oder 2) seye es, daß die vermittelnden Schichten zwar ihrer Zeit gebildet, aber später wieder zerstört worden sind. Vielleicht ließe sich 3) ein Mangel vermittelnder Schichten auch davon herleiten, daß dieselbe Gegend aus irgend welchen örtlichen Gründen längere Zeit einen Absatz sich ganz gleichbleibender Schichten empfing, während im nämlichen Zeit-Verlaufe anderwärts ein allmählicher Wechsel in der Beschaffenheit niedergeschlagener Schichten eintrat, welcher dann beim Aufhören jener örtlichen Ursachen sich auch dorthin erstreckte.

Wir finden uns durch diese aus der Natur unserer Erde entwickelten Ansichten zum ersten Male im bestimmten Widerspruch mit einem Theil der neuen Vereisungs-Theorie von (Schimper und) Agassiz versetzt, welcher, weil er in einigen Gegenden der nördlichen Hemisphäre unsrer Erde Spuren einer einst größeren Ausbreitung der Gletscher, mithin einer größern, und zwar wegen der Erhaltung der Leiber der ausgestorbenen Elephanten-Art im Polar-Eis plötzlich eingetretenen Kälte erkannt zu haben glaubt (die wir bis zu einem gewissen Grad nicht läugnen wollen), den zeitlich und räumlich verallgemeinerten Schluß zieht, daß unsre **ganze** Erde seit Beginn neptunischer Niederschläge nicht allmählich, sondern in **fünf** stufenartigen Absätzen sich plötzlich abgekühlt habe, dann wieder etwas wärmer geworden eine lange Zeit hindurch gleich warm geblieben seye und so 5 Haupt-Bildungs-Perioden ihrer Rinde bedingt und scharf von einander getrennt

[1]) Vgl. Jahrb. *1842*, 78—86.

habe[1]). Außer jener örtlichen Beobachtung über die Gletscher glaubt er zur Begründung dieser seiner Ansicht noch anzuführen, daß „nichts für eine **allmähliche** Temperatur-Abnahme spreche“! während doch eine **solche nur** allein denkbar ist und jedenfalls viel weniger (mithin viel weniger als nichts!) für eine wiederholt treppenweise undulirende Abkühlung unsres Erd-Körpers angeführt werden kann. Wie wollte man diese begründen? Agassiz überläßt das Anderen[2]).

Drittes Kapitel: die kühlere und starre Erd-Rinde,

als eine auf die flüssige Erd-Hülle und das Klima rückwirkende Kraft, und als Bedingniß des organischen Lebens.

§. 113. Wir haben zwar der Kürze wegen im ersten Kapitel die Temperatur und klimatischen Verhältnisse der Erde schon mitunter so vorausgesetzt, wie sie nur der beendigten Abkühlung ihrer Oberfläche entsprechen können, haben aber die ursächliche Entwickelung dieser Klima-Verhältnisse aus astronomischen Bedingnissen in Verbindung mit der voranschreitenden Abkühlung (einige mechanisch wirkende Erscheinungen, deren Folgen zu erörtern waren, ausgenommen) uns bis daher vorbehalten, theils weil es naturgemäß ist, erst die Einwirkungen der flüssigen Hülle und des flüssigen Kerns auf die Bildung der starren Erd-Rinde während ihrer fortschreitenden und zuletzt sich vollendenden Abkühlung zu untersuchen, ehe man die letzten Rückwirkungen dieser auf die flüssige Hülle und das größtentheils von ihr bedingte Klima betrachtet, theils aber weil eben diese Betrachtung nun wieder naturgemäß zum organischen Leben der Erde führt, dessen Grund-Bedingnisse die Erd-Hülle und das Klima sind.

I. Allgemeine Folgen der Abkühlung.

A. Klima regelmäßiger Zonen und Zeiten.

§. 114. **Temperatur, Feuchtigkeit.**

A. So lange die Temperatur der Erd-Oberfläche nach dem Niederschlage der Gewässer noch beträchtlich, d. h. so lange sie noch dem Siede-Punkte des Wassers (100° C.) nahe war, konnte die Sonne zwar den verschiedenen Breiten der Erde zu verschiedenen Jahres- und Tages-Zeiten ihr Licht in gleicher Stärke und Vertheilung wie jetzt zusenden, aber die so ungleichen Maaßen von

[1]) Vgl. Agassiz Untersuchungen über die Gletscher, *1841*, S. 306.
[2]) Vgl. Jahrb. *1842*, 56 ff.

Licht entsprechende Wärme war neben der viel beträchtlicheren eignen Wärme der Oberfläche nicht oder kaum fühlbar, und somit unterblieben auch alle von der ungleichen und abwechselnden Wärme bedingten atmosphärischen Prozesse, die Witterungs-Erscheinungen u. s. w.; Zonen, Jahres- und Tages-Zeiten waren nur durch die Richtung und Stärke der Licht-Strahlen der Sonne angedeutet (§§. 16—21), da die Temperatur der Erde auf allen Punkten ihrer Oberfläche höher war, als sie jetzt im heißesten Sommer der Tropen ist. Aber ungefähr von der Zeit an, wo jene diesem nahe kam, begann sich die Erde nach den Polen hin rascher abzukühlen, die Ungleichheiten der Temperatur wurden immer beträchtlicher, die atmosphärischen Erscheinungen vielfältiger, bis endlich die heutige Manchfaltigkeit der Zustände und Wechsel eintrat.

B. Diese allmählichen Übergänge des einst allgemein heißen in unser jetziges kühleres und manchfaltiges Klima sind nicht nur für manche geognostische, sondern noch weit mehr für die Erscheinungen des gleichzeitigen organischen Lebens auf der Erde höchst wichtig. Aber es ist sehr schwierig und wohl unmöglich, aus rein geologischen Merkmalen den Temperatur-Zustand der schon starren Erd-Rinde in den verschiedenen **Stadien** ihrer Ausbildung zu erkennen, wie wir (§. 112) ja nicht einmal vermögen mittelst eben solcher Merkmale dergleichen Stadien selbst zu fixiren.

Selbst die Annahme, daß die Bildung der neptunischen Schichten nach dem vollendeten Niederschlage der Gewässer, also bei einer Temperatur unter 100° C., begonnen haben müsse, weil sie durch diese gebildet worden seyen (S. 183), ist in soferne schwankend, als vorher unter dem überall größern Druck der in der heißern Atmosphäre noch aufgelöst gewesenen Wasser-Dämpfe auch die Verdunstbarkeit des Wassers geringer und mithin der Siede-Punkt höher gelegen war. Diese Betrachtung gilt in geringerem Maaße auch noch bei einer Temperatur von 90°, 80° u. s. w., so lange nämlich diese Temperatur und die ihr entsprechende Verdunstung noch mehr allgemein verbreitet waren.

Wir wollen daher aus dem folgenden Theile vorgreifend entlehnen, daß bereits zur Zeit der ältesten anerkannt (vgl. §. 64) neptunische Niederschläge, der Thonschiefer und Grauwacke, die Temperatur überall beträchtlich unter 100° und vielleicht schon unsrer tropischen (27°) nahe gewesen und die weitre Abkühlung in den Mittelstufen dann allmählich im Verlaufe spätrer Bildungen eingetreten seye.

Wir haben daher sofort keinen Grund, Vorstellungen von einer sehr

gewaltigen Temperatur der Erde nach der Urgranit- und Urgneis-Bildung zu nähren, insoferne als uns nämlich die verschiedenen Gesteins-Formationen die verschiedenen Zeiträume der Erdrinden-Bildung repräsentiren sollen.

C. In Folge der Differenzirung des Klima's nach der **geographischen Breite** der Erde müssen alle auf gleicher Parallel-Linie liegenden Punkte gleiche Temperatur miteinander besitzen, aber jede vom Äquator an weiter nach den Polen gelegene Parallele eine niedrigere Temperatur haben, als die vorhergehende (entsprechend der Formel S. 33 B). Da aber jetzt die Temperatur auch nach den Jahres- und Tages-Zeiten überall verschieden ist, so läßt sich dieselbe nicht unmittelbar erheben, sondern eine **mittle Temperatur** des Bodens und der Luft des Orts nur in Folge vieler Beobachtungen finden, indem man nämlich die beobachtete mittle Temperatur aller Tage an diesem Orte addirt und durch die Zahl der Tage dividirt, nachdem man die mittle Temperatur jedes Tages durch Addition aller stündlichen Beobachtungen und durch Division der Summe durch die Zahl der Stunden gefunden hat.

Die mittle Temperatur nächst dem Äquator ist + 27,5 C., nächst den Polen etwa — 20°; so daß auf jeden Breite-Grad etwa 0°,5 Temperatur-Abnahme käme. Die Abnahme ist aber zwischen den Tropen schwächer, dann stärker und holt jenes mittle Verhältniß erst ungefähr in der Mitte der gemäßigten Zone ein. Wo in den Polar-Gegenden die mittle Temperatur unter 0° gesunken, findet man an der Oberfläche des Bodens bald eine bleibende, das Eindringen des Frostes hemmende Schneedecke, bald einen auch im Sommer gefrorenen und nur an der Oberfläche etwas aufthauenden Boden, je nachdem die atmosphärischen Niederschläge im Winter reichlicher oder sparsamer sind.

a. Wo Schnee- und Eis-Felder sich einmal gebildet, da reflektiren sie das Sonnenlicht fast ohne Temperatur-Erhöhung, während dieses im Stande ist, das Pech der Schiffe auf der einen Seite zu schmelzen, das auf der Schatten-Seite wieder gefriert [1]).

Jedoch gibt es abgekürzte Methoden. So die Beobachtung der Luft zu gewissen Stunden des Tages (bei uns um 9 Uhr Morgens), welche durchschnittlich seiner mittlen Temperatur entsprechen, und in gewissen Wochen oder Monaten des Frühlings und Herbstes (bei uns Oktober und April), welche eben so durchschnittlich der mittlen Temperatur des Jahres nahe kommen.

Die ganze oberflächliche Beobachtung der Temperatur des Bodens

[1]) Scoresby, *Arctic regions*, I, 320.

würde ungefähr zum nämlichen Resultate führen; doch bedingt der Umstand daß der Boden nicht eben so rasch, wie die Luft, seine Wärme, seine Feuchtigkeit u. s. w. wechseln kann, einige Abweichungen in der Beobachtungs-Weise sowohl als im Resultate.

Da aber der tägliche und jährliche Wechsel der Temperatur nur bis zu einer gewissen Tiefe in den Boden eindringt, und zwar bis zu einer um so größeren, je größer der Unterschied zwischen beiden Extremen und je anhaltender ihre Dauer ist, mithin viel tiefer im nördlichen Theil der gemäßigten Zone, als in der heißen, so braucht man nur die Temperatur in dieser Tiefe, wo sie fortwährend gleich bleibt, zu untersuchen, um augenblicklich dessen mittle Temperatur dieser Breite für das ganze Jahr zu finden. Diese Tiefe ist nach Boussingault[1]) in den Tropen-Gegenden an einem gegen Sonne und Regen geschützten Orte in einem engen Loche des Bodens schon bei 1′ Tiefe; nach Arago in der gemäßigten Zone, z. B. zu Paris in 25′ und nach Quetelet[2]) mit vollkommenster Genauigkeit in etwa 60′.

Da aber bei Öffnung der Erde zu diesem Ende die äußre Luft sogleich nachströmen würde, so macht auch diese Beobachtung, wenigstens in größrer Tiefe, oft mißliche Vorkehrungen nöthig.

Daher liefern denn solche kalte Quellen, deren Temperatur das ganze Jahr hindurch gleich bleibt, ein vortreffliches Mittel für diesen Zweck, da ihr Gleichbleiben eben zeigt, daß sie aus Tiefen kommen, die nicht dem zeitweisen, sondern nur dem geographischen Einflusse der Temperatur ausgesetzt sind, den man zu kennen wünscht. Vgl. §. 47, S. 82.

b. Wir haben auf der Karte Tafel VI den nordasischen Strich angegeben, wo der Boden immer gefroren bleibt, obschon, da er im Sommer oberflächlich etwas aufthaut, Bäume auf ihm wachsen und mit ihren Wurzeln über 20″ tief eindringen können. Die Temperatur des Bodens ist

nach Erman in Irkutsk (in 53° N. Br.) in 90′ Tiefe noch — 1,25°
„ Obdörsk (in 66,5° N. Br.) „ 90′ „ „ — 2,09°
„ Helmersen[3]) in Jakutsk (in 63° N. Br.) „ 382′ „ „ — 0,62°

zuletzt mit einer Abnahme von 0,62° C. auf 77′ Tiefe.

D. Die mittle **Sommer- und Winter-Temperatur** eines Ortes liegen um so weiter auseinander, je weiter derselbe von dem Äquator ab nach den Polen entfernt ist. Sie ist nächst dem Äquator etwa **6°** und steigt gegen die Pole hin bis über **40°**, wie sich für Ostasien aus den Ansätzen ergibt, welche auf Tafel **VI** an dem **130.** östlichen Meridiane angeschrieben sind; in Europa sind sie auf gleichen Isothermen etwas geringer. Noch weit mehr ist solches mit den Extremen der Sommer- und der Winter-Temperatur der Fall.

---

[1]) Jahrb. *1835*, 478. — [2]) Jahrb. *1838*, 686.
[3]) Jahrb. *1838*, 210; *1838*, 446.

E. Der Abstand der **mitteln Temperatur** von **Tag** und von **Nacht** dagegen ist theils von der geographischen Breite eines Ortes, theils von der Jahreszeit abhängig. Zwischen den Tropen beträgt er wenige Grade, in den Polar-Gegenden fällt er mit dem Abstand zwischen Sommer- und Winter-Temperatur zusammen.

In gemäßigten Gegenden ist er im Frühlinge am größten u. s. w. Diese Verhältnisse werden sehr komplizirt, und wir verweisen hinsichtlich derselben auf die meteorologischen Handbücher.

F. Eine Abnahme der mittlen Temperatur nach der **Höhe** der Atmosphäre bis zu der des Weltraums (S. 15) hat zwar auch vor der Abkühlung schon bestanden; durch die Abkühlung ist uns aber diese Höhe nicht nur im Ganzen viel näher gerückt, sondern sie ist auch nach der geographischen Breite, nach der Jahres- und Tages-Zeit abweichend geworden, wie sie an der Erd-Oberfläche selbst mit einer sehr verschiedenen Basis beginnt. — Wir kennen aber das Gesetz dieser Abnahme in freier Luft nicht genau.

G. Die **Feuchtigkeit der Luft** ist eine Folge der Verdünstung des Wassers durch die Wärme. Diese **Verdünstung** wird im Mittel über die ganze Erd-Oberfläche zu 30″—35″ Wasser-Höhe jährlich angenommen; in Tropen-Gegenden allein ist sie 60″—120″ und mehr, in gemäßigten 20″—50″ u. s. w. — Aber die **Feuchtigkeit der Luft** ist ebenfalls da am größten, wo die Wärme am meisten Gelegenheit hat, Wasser in Dunst zu verwandeln (das tropische Amerika im Gegensatze von Afrika). Die Feuchtigkeit nimmt daher mit der Wärme gegen die Pole hin ab und vermindert sich noch mehr da, wo Felder ewigen Eises dem tropfbar flüssigen Element eine Grenze setzen. Unter der Linie und in großen Höhen der Luft (12.000′) zeigt das Hygrometer fast immer einen gesättigten Zustand derselben an. — In den Tropen-Gegenden ist die Feuchtigkeit auch am vollkommensten in der Luft aufgelöst und unmerkbar; es wird dieß um so weniger der Fall, je kühler die Luft nach der geographischen Breite, der Jahres- und der Tages-Zeit im Gegensatz zu dem ausdünstenden Gewässer oder Boden wird; daher die häufigen **Wolken** in der Höhe, die **Nebel** am Boden in höhern Breiten, in Herbst-Tagen und des Nachts. Diese Wolken und Nebel würden zwar am Tage die unmittelbare Einwirkung der Sonne hindern, hemmen

aber noch weit gewöhnlicher des Nachts die Wärme-Ausstrahlung der Erd-Oberfläche und die weitre Verdunstung. Geht die Abkühlung noch weiter, so gerinnen Wolken und Nebel zu Tropfen und fallen als **Regen** zu Boden, um so leichter, je mehr Feuchtigkeit die Luft enthält. Der mittle Regen- (und Schnee-) Fall über die ganze Erd-Oberfläche kommt der mittlen Verdünstung gleich, abzüglich nämlich des Thaues. Aber die Vertheilung nach Zonen und Jahreszeiten stimmt nicht genau mit der der vorigen überein. Nach den Zonen nimmt die jährliche Regen-Menge ab vom Äquator gegen die Pole hin; es regnet hier häufiger, aber weniger stark. — Regnet es bei einer Temperatur unter 0°, so wandelt sich das Wasser in **Schnee**, der, wenn der Boden ebenfalls kalt ist, nicht wie das Wasser, sogleich verrinnt, sondern sich anhäuft. 12″ bis 24″ hoch frisch gefallener Schnee geben nur 1″ Wasser; doch setzt er sich mit der Zeit fester zusammen. Kann die Summe positiver Jahres-Wärme nicht allen nach Maasgabe der Dauer des Frostes und der Menge der Luft-Feuchtigkeit gefallenen Schnee wieder wegschmelzen, wie in den Polar-Gegenden und auf Hoch-Gebirgen, so entsteht **ewiger Schnee**, dessen Masse in manchen Gegenden noch immer zunehmen mag, und welcher durch Bindung der Wärme, die er zum Schmelzen braucht, auch in der wärmern Jahreszeit die Temperatur der Gegend weit umher tief unter die Stufe herabdrückt, die sie ohne ihn haben würde. Da er aber ein schlechter Wärme-Leiter ist, so hindert er die Wärme-Ausstrahlung von unten und erhöhet daher, umgekehrt, die Temperatur des Bodens. Ähnlich ist das Verhalten des **ewigen Eises**, das sich auf Hochgebirgen wie in den Polar-Meeren ihm beizugesellen pflegt (**Gletscher**, **Polar-Eis**, **Eismeer**).

Die **Gletscher**, welche in den Regionen des ewigen Schnee's auf den Alpen, in Skandinavien, Island, Spitzbergen u. s. w., nicht aber in den tropischen Anden vorkommen, entstehen, indem der Schnee, durch Schnee-Fall Wind und Lavinen-Sturz auf abhängige Flächen der Thäler und Schluchten zusammengeführt, oberflächlich durch die Luft- und Sonnen-Wärme der wärmeren Sommer-Tage schmilzt, als Wasser die tieferen Lagen durchdringt und in der kühleren Tiefe wie des Nachts wieder gefrierend den unteren Massen immer größre Dichte und Festigkeit gibt und sie so in Firn und Eis verwandelt, indem er die Schnee-Körner selbst theilweise schmelzt und wieder gefrieren macht und ihre Zwischenräume ausfüllt. Diese Umwandelung ist aber nur dadurch möglich, daß diese Massen, theils indem sie durch die Erdwärme von unten herauf langsam

abschmelzend und sich vom Boden trennend auf immer glätter abgeschliffener geneigter Ebene durch ihre eigne Schwere der Tiefe zugleiten, theils durch das eingedrungene und jede Nacht wieder gefrierende Schnee-Wasser nach allen Richtungen ausgedehnt in der Richtung des geringsten Widerstandes, d. h. eben derjenigen, wo der Widerstand durch den Fall theilweise aufgewogen wird, sich voranschieben. Ein tägliches Auf- und -Abschwanken der Luft-Temperatur über und unter den Gefrier-Punkt ist daher eine Mitbedingniß der Bildung und Bewegung der Gletscher. Allein daß sie nicht die einzige seye, geht daraus hervor, daß die Gletscher-Bildung überall nur in den Thalschluchten beginnt, wenn sie gleich sich über dieselben hinaus auszudehnen vermag, daß die Schnee-Höhen der Andes keine Gletscher bilden, während der auf dem Klofa-Jökul und den Nachbar-Bergen liegende Gletscher auf Island eine Fläche von 3000 □Meilen Engl. einnimmt und das Eisfeld von Yustedal auf Island nach Bomare über 1000′ tiefe Spalten erkennen läßt [1]).

In solchen Gegenden, wo die Sommer-Wärme nicht mehr hinreicht die Schnee- und Eis-Bildungen des Winters zu schmelzen, müßten diese ins Unendliche zuwachsen, wie das mit dem Breidamark-Jökul auf Island fortwährend der Fall ist, wenn nicht in Polar-Gegenden die Strömungen, die vertikale u. a. Bewegungen des Meeres sie immer wieder mit neuen wärmeren Wasser-Massen, in den Gebirgen die Abwärtsbewegung der Gletscher mit wärmeren Luft-Schichten in Berührung brächten und so verminderten. Wo aber in jenen Gegenden die mittle Boden-Temperatur tief unter 0 steht, wird unter solchen Verhältnissen, wo weder Meeres-Bewegungen noch Gletscher-Senkung auf die Minderung jener Massen einwirken können, ein wirkliches Zuwachsen stattfinden, wenn gleich mit Zunahme der Kälte einer Gegend ihre atmosphärischen Niederschläge sich im Ganzen vermindern. In solchen Gegenden würden Überschüttungen von winterlichen Eis-Feldern mit Sand und Schutt durch zufällige und schwache Überschwemmungen, Bergstürze u. s. w. den Boden erhöhen, das Eis gegen Einwirkung der Sonne, analog den Gletscher-Tischen (S. 173), schützen, die Null-Fläche, unterhalb welcher der Boden auch im Sommer nicht mehr aufthaut, erheben und im Wiederholungs-Falle eine Bildung des Bodens aus wechselnden Lagen von reinem oder mit Sand durchstreutem Eise und von Schutt verlassen, wie man ihn in Nord-Sibirien in großer Mächtigkeit gebildet und sogar von Fluß-Betten tief durchschnitten findet [2]).

Ist die Erd-Oberfläche kühler als die Luft, ohne Frost, so schlägt sich deren Feuchtigkeit dort als Thau nieder, was zumal in hellen Nächten nach heißen Tagen geschieht. Der Thau (Wasser und Kohlensäure) = 5″ Wasserhöhe im Jahr für England.

H. Die **Gewitter** sind eine Folge des Wechsels in der Spannung der positiven und der negativen Elektrizität bei deren

[1]) Muncke's Physik, II, 366—367.
[2]) Vgl. v. Humboldt im Jahrb. *1833*, 574.

Vereinigung aus Luft und Erde zur Herstellung des Gleichgewichts zwischen beiderlei Elektrizitäten. Ein Theil dieser Elektrizität erzeugt sich nämlich in den Wolken durch die Verwandlung expandirter Wasser-Dämpfe in tropfbare Flüssigkeit. Die Vereinigung der entgegengesetzten Elektrizitäten aus Wolken und Erde erfolgt unter der Erscheinung des Blitzes, bei welchem die Luft plötzlich zusammengepreßt, der Donner erzeugt und die heftigsten ferneren Luft-Bewegungen (**Stürme**) veranlaßt werden, obschon ein Theil dieser Bewegungen (**Winde**) oft schon früher vorhanden und selbst die bedingende Ursache der Verwandelung der Wasser-Dämpfe ist. **Platz-Regen** und **Hagel-Bildung** und **Wirbel-Winde** sind gewöhnlich, **Wolken-Brüche** oft die Begleiter. — **Blitz-Röhren**[1]).

1. Indessen ist die Abkühlung der Erde zur Herstellung der jetzigen Temperatur-Verhältnisse, wo der Überschuß der Gesammtwärme der Erd-Oberfläche über die durch Bestrahlung empfangene Wärme nach Fourier nur noch $\frac{1}{30}$° C. beträgt [2]), weder gleichen Schritt mit der der Atmosphäre gegangen, noch gleichmäßig unter allen Breiten erfolgt. So lange nämlich die Abkühlung der Erde selbst noch nicht ganz ihre jetzige Stufe erreicht hatte und in dessen Folge auch die Atmosphäre noch höher und dichter war (S. 126), hielt sie durch ihre größere Masse auch die von der Erde ausgegangene Wärme mehr zurück und konnte durch diese Rückwirkung in unteren Tiefen eine um mehre Grade höhere Temperatur haben, als der Temperatur der Erd-Oberfläche unmittelbar entsprach. Da ferner die Temperatur erst überall stets gleich war und die höhere Temperatur des Sommers noch jetzt überall mehr gleich ist, so muß die letzte Abkühlung der Erde sich hauptsächlich auf die höhern und mitteln Breiten, auf den Winter und auf die Nächte bezogen haben, wo dann $\frac{1}{2}$° mittle Temperatur-Abnahme der Erde schon vielen Graden mittler Temperatur-Abnahme der kalten Zone oder mittler Winter-Temperatur-Abnahme der gemäßigten entspricht. So lange unter diesen Verhältnissen noch nicht die Anhäufung des Polar-Eises stattgefunden, mangelte auch die von diesem rückwirkende Abkühlung benachbarter

[1]) Ausführlicheres über diese Verhältnisse in Muncke's Physik, in Kämptz's Meteorologie, bei Berghaus u. s. w. Unser Plan erfordert nur Andeutungen.

[2]) Arago im Jahrb. *1835*, 566.

Breiten im Betrage von vielen Graden. Endlich so lange der Mangel dieser Eisdecke auf einem großen Theile des Meeres und die Menge der noch wärmeren Quellen eine größre Masse von Düusten in die Atmosphäre überführten, die sich (wenigstens über jenem) des Nachts zu Nebeln verdichten konnten, hemmten solche die nächtliche Wärme-Ausstrahlung, dienten folglich ebenfalls zur Erwärmung besonders der höhern und mitteln Breiten.

a. Da nach S. 77 und 81 seit Hipparch die mittle Temperatur der Erde nicht um 0°01 C. abgenommen, so kann der Überschuß der Wärme ihrer Oberfläche über diejenige Wärme, die sie von Sonne und Atmosphäre zurückempfängt, jetzt nur noch unbedeutend seyn. Elie de Beaumont nimmt nun an, daß er jetzt nicht $\frac{1}{30}$° betrage und, wenn er auch zur Zeit der Steinkohlen-Bildung nicht $\frac{1}{2}$° betragen habe, mithin selbst damals nicht vermögend gewesen seye an und für sich das Klima bedeutend zu ändern, so könnten dabei doch 1) die nordischen Winter noch verhältnißmäßig wärmer gewesen seyn und das Polar-Eis möge sich noch nicht angesammelt gehabt haben, dessen Beseitigung die mittle Temperatur des Poles jetzt von — 25° auf 0° erhöhen würde; 2) die Polar-Meere seyen daher damals oberflächlich wenig abgekühlt worden und durch Wärme-Zuleitung von unten fast in gleicher milder Temperatur und offen geblieben, so daß sie sich bei Sonnen-Untergang mit Nebel bedeckt und hiedurch ihre weitre Abkühlung durch nächtliche Ausstrahlung der Wärme gehindert hätten; 3) da die Temperatur-Zunahme der Erd-Rinde in die Tiefe nun auch 10mal so schnell als jetzt gewesen, so seyen alle Quellen gegen jetzt als Thermen erschienen, welche dann auch das Land des Nachts in Nebel gehüllt und dessen Wärme-Ausstrahlung gehindert hätten. So seyen in höhern und mitteln Breiten die Winter viel wärmer und die Sommer nicht kühler gewesen. Dazu komme nun noch 4) daß, wenn man sich im Luftkreise um etwa 165^m erhebe, was einer Barometer-Differenz von 0^{m}012 bis 0^{m}015 entspreche, die Temperatur um 1° abnehme, mithin der wirkliche 60fach so große Druck der ganzen Atmosphäre = 0^{m}76 nur um $\frac{1}{3}$ oder etwa 20mal jene Menge (0^{m}012 × 20 = 0^{m}24) bis auf 1^m erhöht zu werden brauchte, um eine auch um 20° höhere mittle Temperatur zu veranlassen. Sollte nun auch diese diathermane Eigenschaft der Luft nicht allein von ihrer Masse abhängen, so würde eine solche Vermehrung immerhin einige Grade Wärme-Erhöhung bewirken können. Die Vermehrung aber seye möglich gewesen durch einen größeren Gehalt an Stickgas, Kohlensäuregas, Sauerstoffgas und, wie vorhin gezeigt, an Wasser-Dämpfen [1]). Vgl. §. 60, S. 125.

§. 115. See- und Luft-Strömungen.

A. Die **Atmosphäre** besitzt nach der Abkühlung ebenfalls die Form eines Sphäroides von fast dem nämlichen Achsen-

[1]) Jahrb. *1837*, 63, und *1838*, 600.

Verhältnisse als die Erdfeste. Ihre jetzige Zusammensetzung und Masse (Barometer-Druck) ist S. 125, ihre Höhe und ihre Dichte-Abnahme nach oben S. 23 angegeben.

a. Indessen wollen wir über letzte noch einige Bemerkungen beifügen. Mehre Physiker nehmen die letzte Grenze der Atmosphäre in 6,61 Erdhalbmesser oder 5.682 geographischen Meilen an; aber in 45 Meilen Höhe ist sie schon 75 Billionen mal dünner, als am Meeres-Spiegel; und in 159.500′ oder noch nicht 7 Meilen hat sie die äußerste Verdünnung, welche wir unter der Luft-Pumpe zu erzeugen vermögen, nämlich 5‴ Barometer-Druck; in 163.116′ oder 7,14 Meilen ist ihr Druck 0m001. Inzwischen herrscht über das Gesetz ihrer Dichten-Abnahme in höheren, der Beobachtung unzugänglichen Gegenden noch viele Unsicherheit. Die täglichen Schwankungen des Barometers in Folge der Anziehung von Mond und Sonne (Ebbe und Fluth) und der Erwärmung durch letzte betragen in Europa 0,27, im tropischen Amerika 0,90, im Indischen Ocean 0,99 Linien Druck. Nähe und Ferne des Monds haben einen weit unbedeutenderen Einfluß.

B. Auch von den durch die Rotation der Erde und ihre stärkere Erwärmung zwischen den Tropen durch die Sonne bewirkten östlichen **Passat-Winden** und den von ihnen abhängenden kühlenden **westlichen Winden** in höheren Breiten war S. 30 vorgreifend die Rede. Die Geschwindigkeit der ersten ist nur 12′ in der Sekunde. Während dieselben nun in der Nähe der Erd-Oberfläche sich den Tropen nähern, haben sie Zeit genug, sich allmählich auch deren zunehmende Temperatur anzueignen und bewirken daher bei ihrer Ankunft keine sehr erhebliche Abkühlung. Wenn aber die zwischen den Wendekreisen aufgestiegene, mit Dünsten geschwängerte, wärmere Luft in der Höhe nach der Breite hin abfließt, sich hiedurch abkühlt und verdichtet, so daß sie in den kühleren Gegenden der gemäßigten Zone die Oberfläche wieder erreicht, so muß sie hieher wenigstens mit Beginn der kältern Jahreszeit Wärme und Feuchtigkeit mitbringen und von Regen begleitet seyn. Daher zum Theil die Feuchtigkeit der SW.-Winde bei uns.

Starke Winde haben bis 60′, Stürme 70′—90′, Orkane 100′—125′ Geschwindigkeit in der Sekunde.

C. Wir führen hier ferner die **Land-Tromben** und **Wasserhosen** an, obschon man diese noch rätselhaften Luft-Bewegungen von der Elektrizität herleitet. Beides sind zweifelsohne an sich gleiche Erscheinungen, jene über dem Lande, diese über den Meeren oder Flüssen. Im ersten Falle sieht man gewöhnlich einen Theil einer Wolke in Schlauch- oder umgekehrter Kegel-Form sich

langsam mit der Spitze auf die Erd-Oberfläche herabsenken und dann über dieselbe fortschreiten, indem sie sich selbst mit allem, was in jenen fortschreitenden Raum gelangt, im heftigsten Wirbel dreht, zerstört, aufhebt und fortführt, während unmittelbar daneben Alles ruhig bleibt. Blitz, Donner und Platzregen sind öfters die Begleiter. Wasserhosen zeigen dieselben Erscheinungen, nur kömmt dem von oben herabsinkenden, umgekehrten Kegel ein aufrechter von der Oberfläche des heftig aufwallenden Wassers entgegen, bis sich beide mit den Spitzen berühren.

Dieß sind zwar keine ganz gewöhnliche Erscheinungen; doch hat man seit weniger als einem Jahrhunderte mehre Dutzend solcher Fälle genau beobachtet und beschrieben. Die Bahn der Zerstörung, worauf sich die Land-Tromben fortbewegen, pflegt nur 100'—500' breit zu seyn, und ihre Voranbewegung bis eine Deutsche Meile in 7 — 8 Minuten zu erreichen; selten stehen sie stille. Während sie innerhalb jener Breite keinen Gegenstand verschonen, alle Bäume entwurzeln, Allee'n durch die Wälder lichten, die Häuser oft bis auf die Grund-Mauern und Gewölbe zertrümmern, abtragen oder verrücken und die schwersten Gegenstände aufheben und durch die Höhe forttragen, bleibt unmittelbar daneben Alles unverletzt. Einige der auffallendsten Beispiele der Fortführung sind folgende. Auf **Malta** wurden Kanonen und Mörser von der Stelle gerückt. In **Sachsen** wurden am 23. April 1800 manche Bäume mehre Hundert Fuße weit fortgerissen und bei **Etzdorf** ein Knecht mit zwei Pferden gegen 60 Schritte weit in einen Graben geschleudert. Zu **Voitsbach** im **Bunzlauer** Kreise wurden am 27. Juli 1824 Wasserkannen, Stühle, Kleider, Betten u. s. w. bis zwei Stunden weit in den stark verheerten Wald fortgetragen [1]).

D. Von den regelmäßigen **See-Strömungen**, wie den **vertikalen**, den **Gezeiten** und dem **Oststrome**, welcher, den Passat-Winden analog, ebenfalls nur in Folge der Abkühlung der Erde eintreten konnte, war vorgreifend S. 164 ff. die Rede. Eine Folge des letzten ist, daß die Meere sich stärker gegen die östlichen Küsten drängen und an den Kontinenten hier um einige Klafter höher stehen, als an deren West-Küsten.

B. Topographisches Klima.

§. 116. Temperatur und Feuchtigkeit.

A. Einen sehr großen Einfluß auf die Temperatur der Erd-Oberfläche im Ganzen und deren Differenzirung für verschiedene, auf gleicher Parallele gelegene Orte muß die Bildung **trockner**

[1]) Ausführlicher sind diese Erscheinungen betrachtet in **Muncke's** Physik, II, 470—475.

Land-Flächen neben den Wasser-Flächen gewonnen haben. Mögten auch erste zur Zeit, als ihr Einfluß auf das Klima fühlbar werden konnte, ihre jetzige Ausdehnung vielleicht großentheils schon besessen haben, so würde doch erweislich bleiben, daß wenigstens ihre Vertheilung sehr abweichend von der jetzigen gewesen seye. Es sind nicht nur sehr viele und sehr große neue Flächen aus dem Meere noch aufgetaucht, wie die Meeres-Formationen mit organischen Einschlüssen überall beweisen, sondern es müssen auch sehr wahrscheinlich andre wieder verschwunden seyn.

Wir haben die Ergebnisse der Beobachtungen über die Temperatur unter topographischen Einflüssen aus dem schönen physikalischen Atlas von Berghaus auf Taf. II zusammengetragen und die Punkte von gleicher mittler Luft-Temperatur durch Linien, **Isothermen**, verbunden, welche unregelmäßig bald nördlich und bald südlich an dem Parallel-Kreise verlaufen. Auf dem Meridian von Greenwich sind die Parallel-Kreise numerirt, auf dem 90. Meridiane im Westen die mittlen Wärmen der Isothermen, und auf dem 130. im Osten die ihnen in Ostasien entsprechenden Differenzen zwischen mittler Sommer- und Winter-Temperatur angeschrieben, wie sie durch Berechnung aus den bei Muncke in Gehler's Wörterbuch gelieferten Daten gefunden worden, was aber nur annäherungsweise geschehen konnte, da man nicht für alle Durchschnitts-Punkte der Isothermen mit diesem Meridiane unmittelbare Beobachtungen über jene Differenzen besitzt. — Die dem Wärme-Äquator eingeschriebenen Temperaturen sind über Land die der Luft, über See die von Luft und Wasser.

B. **Land-Flächen** bieten, mit Ausnahme der untergeordneten See-, Sumpf- und Fluß-Spiegel, nur wenig bis fast gar keine Feuchtigkeit zum Verdünsten dar, was nun vollends dem Grade nach von den nachfolgenden Verhältnissen **C**, **D** abhängt. Die verdunstende Feuchtigkeit bindet daher auch wenig oder keine Wärme, und somit kann durch unmittelbare Bestrahlung von der Sonne die Temperatur nicht nur des Bodens, sondern auch der ihn berührenden Luft-Säule zumal in sonnigen heißen Gegenden im Sommer und bei Tage mehr oder weniger und zwar erste bis um **5 — 10** und mehr Grade erhöht werden. Folge dieser höheren Temperatur wird aber noch seyn, daß der Boden die durch Regen und Thau empfangene Feuchtigkeit schneller wieder verdünstet, und daß, je weniger er zu verdünsten hat, desto trockner auch die Luft über ihm wird.

Meeres-Flächen, im Gegensatze der vorigen, bieten immer Feuchtigkeit zur Verdunstung dar, binden daher, im Verhältnisse als die Luft-Temperatur zunimmt, auch einen größeren Theil ihrer

Wärme, mäßigen solche daher vorzüglich in heißen Klimaten während des Sommers und des Tages. Wegen seiner senkrechten und wagerechten Strömungen erhitzt sich das Meer im Sommer und erkaltet es im Winter lange nicht so sehr, als das Land, indem sein Temperatur-Wechsel in großer Masse geschehen muß; daher es überall eine mäßigre Temperatur besitzt und der über ihm stehenden Luft-Schichte mittheilt; aus gleicher Ursache endlich und wegen seiner gleichmäßigen Zusammensetzung und ebenen Oberfläche erleidet es auch die manchfachen weitren Modifikationen des Klima's nicht, welche für das Land unter C—E anzuführen sind.

Küsten-Länder und **Inseln** zeigen ein mittles Verhalten.

Von der senkrechten Strömung war S. 164 die Rede. Sie bewirkt, mit Ausnahme seichter Stellen, eine beständige Abkühlung der obern Wasser-Schichten. Deßhalb und der erwähnten Verdunstung wegen erwärmt sich das See-Wasser auch am Äquator nicht über 30° C. — Es gefriert aber auch nicht so leicht in kalten Gegenden, weil die bis zum Frost-Punkt erkälteten und verdichteten Schichten der Oberfläche so lange als die schwereren untersinken, bis das Meer in seiner ganzen Höhe auf diesen Grad abgekühlt ist, was wieder horizontale Strömungen erschweren.

C. Die **Mineral-Beschaffenheit** des Bodens ist in soferne von wesentlichem Einflusse, da dunkle und helle Oberflächen die Boden-Temperatur zu oberst um 3°—4° erhöhen oder erniedrigen und eben auch auf die Verdunstung wirken, — dichte, harte Fels-Flächen Verdunstung, Trockenheit und Wärme befördern, kiesige und sandige Schichten sich ihnen zunächst anreihen, — und unter den vollständig zersetzten feineren erdigen Boden-Bestandtheilen (welche in harten Gesteinen gebunden kaum einen Unterschied veranlassen) Talkerde und nach ihr die Thonerde die größte, Kieselerde die geringste Menge Wassers aus der Luft anzuziehen, bei einem Regen in sich aufzunehmen und solche nachher in gleichem Verhältnisse auch in sich zurückzuhalten und so der Austrocknung zu widerstehen vermögen und daher auch im umgekehrten Verhältnisse durch die Sonne erwärmt werden können. Dieß würde ebenfalls 1°—2° Unterschied betragen, wenn nicht der Boden in der Regel aus mehren dieser Erden zusammengesetzt wäre und daher jede derselben nur im Verhältnisse ihres Antheils an der Zusammensetzung wirkte, jene aber, welche noch mit andern chemisch verbunden sind, weniger ausgesprochene Eigenschaften zeigten, jene endlich, welche gar noch in Form eines Sandes mit einander vereinigt sind, sich nur im Verhältnisse der äußersten Feinheit dieses Sandes etwas verschieden zeigten.

a. Das Verhalten der verschiedenen Erd-Arten zur Feuchtigkeit haben wir schon S. 148 angegeben.

b. Das zur Wärme wollen wir aus gleicher Quelle [1]) hier beifügen und bemerken, daß die schwarze und weiße Farbe durch Überstäuben mit Kienruß und Bittererde gegeben war.

Erd-Arten.	Wärme-fassende Kraft im Sonnenlicht.					Wärme-erhaltende Kraft.	
	Temperatur, welche die obersten Erd-Schichten bei gleicher Luft-Wärme von 25° C. erlangen.				die des Kalk-Sands = 100 gesetzt, ist die bei andern:	30 Kubik-Zoll Erde brauchen zu Erkalten von 62,5° auf 21° C. in 16° Luft-Wärme.	
	natürlich gefärbt.		trocken.				
	bei ganz nasser Erde.	bei in 62° C. getrockneter Erde.	bei weißer Oberfläche.	bei schwarzer Oberfläche.		St.	Min.
Quarz-Sand	29,8°	35,8°	34,6°	40,7°	96	3	20
Kalk-Sand . . : . .	29,9	35,6	34,6	40,9	100	3	30
Gyps-Erde	29,0	34,9	34,8	41,0	74	2	34
Feine Kalkerde (künstlich)	28,5	34,4	34,3	40,4	61	2	10
„ Bittererde (dgl.) . .	28,1	34,1	34,1	39,7	38	1	20
Letten-artiger Thon . .	29,4	35,3	33,9	39,8	77	2	41
Lehm-artiger Thon . .	29,8	35,6	33,7	39,6	72	2	30
Klay-artiger Thon . .	29,9	35,7	33,5	39,3	68	2	24
Reiner grauer Thon . .	30,0	36,0	33,0	39,1	67	2	19
Humus (künstl.) . . .	31,8	37,9	34,0	39,5	49	1	43
Ackererde	29,2	35,4	33,6	40,0	70	2	27
Schieferig. Keuper-Mergel	31,0	37,0	33,9	40,6	98	3	26

c. Indessen sind diese Beobachtungen, wie man sieht, nur in einer sehr mäßigen Sonnen-Wärme angestellt; in heißen Klimaten können die Unterschiede für weite Boden-Strecken viel größer ausfallen und daher auch deren Rückwirkung auf die Temperatur, Trockenheit und Bewegungen der Atmosphäre sehr ansehnlich werden. Feuchtigkeit anziehende Erden scheinen sich auch in heißen Gegenden nicht weit über 40° C. zu erwärmen. Auf der andern Seite sind die Sand-Wüsten Afrika's und Arabiens im Gegensatze der in gleicher Breite gelegenen Ebenen Asiens und Amerika's bekannt genug, und ein Blick auf die Karte (Taf. VI) zeigt sogleich, daß die Isothermen (s. S. 404) hier sich am meisten vom Äquator entfernen. — In Sandwüsten hat man nicht selten über 55° C. an der Oberfläche gefunden. Pöppig beobachtete sogar noch 13″ tief im Seesande zu Concon bei Valparaiso mehrmals 40° — 58° C. [2]) und Adanson fand am Senegal wiederholt 60° R. oder 75° C. im Sande [3]).

D. Die zunehmende **Meereshöhe** der Landflächen veranlaßt eine ähnliche Temperatur-Abnahme, wie die in freier Luft (**§. 114 F**), aber mit den unter B und C vorhin angedeuteten

[1]) Schübler's Agrikultur-Chemie, II, 85—92.
[2]) Pöppigs Reise in Amerika I, 142.
[3]) *Histoire naturelle du Sénégal* (*Paris 1757*, 4.), 26 et 131.

Modifikationen. Indem die Gebirge in der Sonne die höhere Luft erwärmen und emporsteigen machen, veranlassen sie ein rascheres Nachströmen der tieferen längs der Bergseiten, und wirken so doppelt.

Die Abnahme ist langsamer [1]) bei großen Berg-Massen als einzelnen Bergen. Zwischen den Tropen kommt 1° Temperatur-Abnahme auf etwa 770′ Höhe, in der Mitte der gemäßigten Zone schon auf etwa 600′ bis 400′, in den Polar-Gegenden noch früher. In der nördlichen Hemisphäre macht 1° höherer Breite ungefähr so viel Wärme-Abnahme, als 100^m (325′) größrer Höhe aus (d'Aubuisson). Im Sommer ist die Abnahme viel schneller, als im Winter, weil sie hier schon einen kälteren Anfang hat. Als Mittel aller Beobachtungen soll im Sommer 1° C. auf nahezu 500′ Höhe kommen; in größeren Höhen wird die Abnahme aber rascher.

Nach den Beobachtungen Boussingault's über die Temperatur des Bodens in den Tropen-Gegenden findet man

zwischen	0′ und 2.262′	Seehöhe eine Temper.-Abnahme v. 1° auf je	559′	im Mittel 542′
„	2.318′—5.260′	„ „ „ „ „ „ „ „	537′	
„	5.297′—8.129′	„ „ „ „ „ „ „ „	558′	
„	8.160′—16.805′	„ „ „ „ „ „ „ „	536′	

wo also örtliche Einflüsse noch ein Schwanken verursacht haben und die Abnahme rascher erfolgt als nach obiger Angabe; in größrer Höhe wäre aber die Abnahme noch schneller.

Tropische Hochebenen und Gebirge, wie sie in Amerika vorkommen, erhalten hiedurch also ein den Niederungen gemäßigter und kalter Breiten ähnliches Klima, welches inzwischen doch durch die senkrechte Sonne, das intensive Licht, den längeren Sommer und die längeren Tage und die Regen-Verhältnisse modifizirt wird, während sie die Temperatur der sie überragenden Bergketten mehr erhöhen, als Niederungs-Ebenen; aber die höchsten Berg-Spitzen unserer Tropen erreichen ein noch kälteres Klima, als die Pole besitzen. Gebirgs-Höhen reichen im Allgemeinen in feuchtre Luft-Regionen hinauf und werden, wenn auch der Regenfall dort geringer doch durch unmerkliche Niederschläge mit Feuchtigkeit reichlicher gespeist, welche dann, sich im Innern sammelnd und nach der Tiefe verrinnend, Veranlassung zur Bildung von Quellen und Bächen werden, die an den Seiten und in den Thälern wieder hervortreten, ohne sich da so leicht aufhalten zu können. In den Niederungen dagegen verrinnt das Regen-Wasser langsamer, es stockt leicht aus Mangel

[1]) Nach Muncke's Physik, S. 130 ff.

an Gefälle, durchzieht die Boden-Oberfläche mit anhaltender Feuchtigkeit und Nässe, veranlaßt Versumpfung u. s. w. — Mit der Höhe nimmt der **Regenfall** ab und ist auf Hochebenen am geringsten; aber er nimmt zu längs der von den Ebenen ansteigenden Gebirgs-Seiten und Gipfel, und zwar um so mehr, je zerrissener diese sind. Niedrig zerrissenes Gebirgs-Land ist daher regnerischer, als ganz ebenes. Am regnerischesten aber sind Gebirgs-Ketten, welche Hochebenen umgeben (Andes). — Die **Quellen**, deren geologischen Wirkungen wir bereits ausführlich betrachtet und über deren Entstehungs-Weise wir bereits manche Andeutung gegeben, verdienten nun wohl noch manche nähere Erörterung hinsichtlich ihres Zusammenhanges mit der geographischen und topographischen, der äußeren wie der inneren Beschaffenheit des gehobenen und abgetrockneten Theils der Erd-Rinde; die wir jedoch, um Weitläufigkeit in einer Sache zu vermeiden, welche für unseren Zweck nicht gerade von großem Belange ist, unter Verweisung auf physikalische Werke übergehen wollen [1]).

Nimmt man die so praktisch wichtige **obre Schnee-Grenze** als Niveau an, wo Schnee und Eis allgemein auch im Sommer bleibt, und welche am Äquator eine Temperatur von **0°4**, in mitteln Breiten von — **4°6**, und in höheren von — **6°** hat (weil im Winter nicht so viel Schnee fällt, als der Sommer zu schmelzen vermag u. s. w.), so senkt sich dieselbe in Bogenlinie von **16,000'** Seehöhe am Äquator gegen das Meer etwa im 65. Breite-Grad herab.

Hievon ist aber noch die **untre Schnee-Grenze**, diejenige Linie, auf welcher die mittle Jahres-Temperatur = **0°** ist, sehr zu unterscheiden und senkt sich nach den Polen zu viel rascher. Auf dieser bleibt der Schnee höchstens nur an den geschütztesten Stellen liegen: sie würde im Mittel die Oberfläche des Meeres schon im **55.** Breite-Grad erreichen.

(**Schnee-Anhäufungen.**) Alle Gebirge aber, die sich im Winter mit Schnee bedecken, und jene insbesondre, welche so weit über die untre Schnee-Grenze hinausragen, daß ein Theil dieses Schnee's das ganze Jahr hindurch bleibt (S. **170 b**), und eben so in Polar-Gegenden, wo die Schnee-Grenze bereits unter die Oberfläche eingesunken ist, alle über den See-Spiegel kaum noch

---

[1]) Vgl. übrigens Jahrb. *1833*, 636.

emporragende Flachländer, wie sich deutlicher nach Beachtung der Seeströmungen unter **B** ergibt: beide erleiden eine bemerkenswerthe Herabdrückung ihres Klima's, indem sich jetzt auch im heißesten Sommer dieser Gegenden, so lange der Schnee liegen bleibt oder das im Winter angesetzte Eis sich erhält, die Temperatur nächst deren Oberfläche nur wenig über 0° erheben kann. Der zurückkehrende Winter, welcher anderwärts erst mit der niedrigen Temperatur der Luft die noch höher gebliebene des Bodens ausgleichen muß, kann ohne Verspätung seinen Einzug halten. Dieses Verhältniß ist viel von der Menge und den Bedingnissen der atmosphärischen Niederschläge im Winter abhängig. Sind ihrer in einer Gegend wenige, so können sie im Sommer bald, — sind in einer andern ihrer viele oder liegen sie gegen die Sonne mehr geschützt, so können sie vielleicht im Verlaufe des ganzen Sommers nicht alle wegschmelzen, wenn auch in beiden Gegenden die Sommer- und die Winter-Temperaturen ursprünglich gleich waren. Sie mußten aber dann allmählich sehr ungleich für die Folgezeit werden. Dieser Fall ist für die Polar- und viele Hoch-Gegenden wirklich vorhanden. Vgl. **B** und §. 114 **I.**

Daher zum Theil auf Tafel **VI** die Krümmung der Isothermen nach dem Äquator über den Rocky Mountains im nördlichen und über den Andes im südlichen Amerika, wie über dem Himalaya und den Hochebenen Asiens; daher die größre Kälte des gebirgigen Islands gegen das flache Grönland daneben.

Sind jene Berghöhen mit ewigem Schnee und mit Gletschern bedeckt, welche den ganzen Sommer hindurch abschmelzen, so versorgen sie unablässig die Ebene zu ihren Füßen mit rinnendem Wasser und machen sie fruchtbar selbst in den heißesten Gegenden; sie verwandeln das trockne glühende Afrika in ein fruchtbares Süd-Amerika.

Wie schwer solche einmal angehäufte Eis-Massen wegschmelzen, erkennt man nicht selten nach starken Eisgängen der Flüsse an den ausgeworfenen Eismassen; — an bleibenden Eis-Lagen, dergleichen man neuerlich im Nassauischen gefunden; an manchen Eishöhlen u. s. w. [1]).

Hohe Gebirgs-Ketten hemmen die Luft-Strömungen. Ihre Wirkung ist am fühlbarsten, wenn sie sich queer auf die Richtung erstrecken, in welcher die von und nach den Tropen kommenden

---

[1]) Vgl. P. Merian im Jahrb. *1836*, 223.

Winde streichen (§. 115 B). Finden die unteren kalten und trocknen von den Polen nach den Tropen strömenden Luft-Massen auf ihrem Wege ein Gebirge vor, so steigen sie an demselben empor, und gehen allein oder, wenn sie hoch genug geführt werden, mit den von den Tropen kommenden Strömungen wieder nach dem Pole zurück. Finden aber die von den Tropen kommenden Strömungen ein sehr hohes Gebirge in ihrem Wege, so hemmt und erkältet es diese Luft-Ströme, schlägt ihre Dünste nieder und gestattet nur etwa den trockner gewordenen Luft-Massen die Fortsetzung des Weges. Solche Gebirgs-Ketten machen daher den Polwärts von ihnen liegenden Theil des Landes trocken und kalt, den Tropen-wärts gelegenen feucht und warm (warm weil ihre Tropen-Seite und die Tropen-Winde es sind und weil noch mehr Wärme durch den Niederschlag der Feuchtigkeit frei wird).

Beschränken wir uns auf die nördliche Hemisphäre und beachten dabei, daß aus den S. 30 angedeuteten Gründen die oberen warmfeuchten Tropen-Winde hier SW., die untern trockenkalten Polar-Winde NO. sind, so stimmt dieß gänzlich mit der bekannten Beschaffenheit dieser Winde auf der nördlichen Erd-Hälfte überein. Die diesen horizontalen Wind-Richtungen (SW. und NO.) im Wege liegenden Berge sind in der neuen Welt die hohen Rocky Mountains, in der alten der Himalaya, Kaukasus, Karpathen und Alpen. An ihnen hört der untre NO.-Wind auf oder geht als obrer SW. wieder zurück, bricht sich der obre warmfeuchte SW.-Wind und geht als untrer und kühlerer NO. wieder zurück. Daher zum Theil das warme und feuchte Klima im SW. Europa und im SW. der Rocky Montains, das kalte und trockne in NO. der letzten und der obengenannten Asiatisch-Europäischen Gebirgs-Ketten, was man am meisten zu Anfang des Winters unterscheidet. Daher die ungeheuren Regen an der S.-Seite des Himalaya und ein Getreidebau im 32.° Breite bis zu 13.000′ Seehöhe, während ein solcher auf Teneriffa in 28° Breite nach von Humboldt nur bis zu 3000′ reicht [1].

E. Die **Gegenlage** oder **Exposition** der Landfläche veranlaßt um so mehr Erwärmung des Bodens, je senkrechter hiedurch bei übrigens gleichen Verhältnissen die Sonnen-Strahlen auffallen können. Die schattige und mithin kühlere Nord-Seite wird auch einen feuchteren Boden und feuchtere Luft haben, Regen veranlassen, den Schnee länger erhalten, Quellen nähern u. s. w. Wenn daher eine gegen den Äquator gekehrte Gebirgsseite in

[1]) Hopkins in *l'Institut 1841*, IX, 391—392; auch Frorieps Notizen *1841*, XIX, 177—181.

gemäßigten Gegenden die Sonnenstrahlen senkrecht empfängt, vermag sie, so lange dieses freilich mehr unterbrochene Einfallen währt, die Temperatur einer viel mittägigeren Gegend anzunehmen; während ein nach den Polen gerichteter Abfall die Sonnenstrahlen nicht nur eine kürzere Zeit des Tages und Jahres und in schieferer Richtung empfängt, sondern auch durch verlängerte und vermehrte Schnee-Anhäufung selbst während der Wirkung der ersten leidet. An den Ost- und West-Abhängen gleicht sich der entgegengesetzte Einfluß aus.

Die Schnee-Grenze reicht auf der Pol-Seite der Gebirge um mehre Hundert Fuße weiter herab, als auf der mittägigen; diese Differenz ist größer in den Tropen, als im Polar-Kreise.

F. Daß auch die Vertheilung thätiger **Vulkane** auf der Erd-Oberfläche und die fortdauernden plutonischen Bewegungen der Erd-Rinde noch einigen Einfluß auf die ungleiche Temperatur verschiedener Boden-Stellen haben, wird aus wenigen später anzuführenden (§. 118 B C) Thatsachen glaubhaft.

G. Aus alle dem Gesagten (B — E) wird leicht erhellen, daß die mittle Boden- (und Meeres-) Temperatur, da sie theils die mittle Luft-Temperatur bedingt und theils von ihr bedingt wird, nie ganz genau mit letzter übereinstimmt, daß sie aber auch selbst im Ganzen manche Abweichungen von ihr zeige, obschon wir bis jetzt von einem Unterschiede zwischen beiden ziemlich abgesehen haben.

Man hat daher auch Karten entworfen, auf welchen die Boden-Stellen, welche gleiche Temperaturen besitzen, durch Linien, **Isochthonen**, verbunden sind, welche dann ebenfalls unregelmäßige Kreise ähnlich den Isothermen bilden; doch glaubt Bischof, daß sie nach genaueren Beobachtungen mehr zusammenfallen werden.

H. Alle diese Verhältnisse zusammen modifiziren denn auch gegenseitig wieder, außer den gelegentlich mit angedeuteten Weisen, die **Feuchtigkeit** der Luft, die **Verdünstung**, die **Wolken-** und **Nebel-Bildung**, die **Regen-**, **Thau-** und **Schnee-Niederschläge**, was aufs Neue auf die Temperatur zurückwirkt. In Gegenden, wo, durch welchen Einfluß es nun seyn möge, der nächtliche Himmel unbewölkt zu seyn pflegt, wird sich durch Ausstrahlung der empfangenen Tages-Wärme der Boden jede Nacht stärker als die Atmosphäre abkühlen und im Verhältnisse des Feuchtigkeits-Gehalts der Luft einen Thau empfangen, welcher oft den in solchen Fällen mangelnden Regen ganz oder zum Theile ersetzen muß.

a. Wir wollen hier, zumal sich die Ursachen nicht für jeden einzelnen

Fall vollständig nachweisen lassen, noch einige örtliche Angaben und einige Beobachtungen über außerordentliche Fälle der Temperatur anführen.

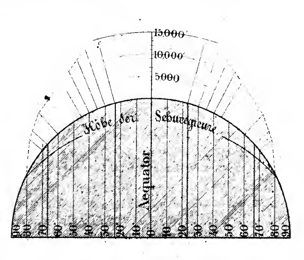
Die höchst mittle Luft-Temperatur besitzen Guiana mit 28° C. und Afrika unter dem Äquator stellenweise mit 28,22°; See-Flächen nicht leicht über 25°. Fast die niederste mittle Temperatur hat Melville Island im 75.° N. Breite mit — 18°5 C.

Die höchsten Luft-Temperaturen, die man beobachtete, sind jene von Syene in Ägypten, wo am 22. Sept. 1799 die Wärme über der erhitzten Sand-Fläche = 54° C. betrug; jene zu Sidney Town, wo man am 10. Februar 1791 = 40° C. im Schatten hatte; jene in der Ebene von Peschawer im Juni = 45°; zu Benares herrscht oft längere Zeit 45° [1]).

Die größte Kälte beobachtete Franklin unter 64,5° N. Breite zu Fort Entreprise mit — 50°; zu Torneå in Lappland soll sie 1810 auf — 58° und zu Nertschinsk unter 52° N. Br. 1798 auf — 62° C. gekommen seyn [2]). Tiefer als die Temperatur des Weltraums (§. 5) kann die Erd-Temperatur wohl an keine Stelle sinken.

Die größten Differenzen zwischen dem Maximum und Minimum der jährlichen Temperaturen findet man zu Casan mit + 32° und — 39°, zu Barnaul mit + 53° und — 51°, zu Nertschinsk mit + 52° und — 62° u. s. w. [3])

b. Auf einigen der wärmsten Meridiane der Erde wird die obre Schnee-Gränze (statt im 65°) erst gegen den 75° Br. oder noch später die Erd-Oberfläche erreichen, und von diesem Falle entwirft untenstehende Zeichnung ein Bild, wobei jedoch der Höhen-Maasstab viel größer als der Breiten-Maasstab angenommen. Die Schnee-Grenze im Äquator wird



1) v. Humboldt in Poggend. Annal VI, 163; VIII, 165; IX, 512 u. a.
2) Muncke Phys. II, 147—150. — 3) a. a. O.

gewöhnlich in 15.000′ oder 16.000′ angenommen. Nach **Humboldt** ist sie unter dem Äquator in 4800ᵐ oder etwa 2460 Toisen; nach **Pentland** in der östlichen Kordillere der Peruanischen Alpen (15°—17° S. Br.) selten unter 5200 Meter (2717 Toisen) [1]), was durch den Einfluß der Plateaus zu erklären, worauf diese Kordilleren ruhen, da es seinerseits die Luft-Temperatur erhöhet.

c. Wegen des Regenfalls verweisen wir auf §. 117 M.

§. 117. **Die Strömungen des Meeres und der Luft theilen die Temperatur und Feuchtigkeit oder Trockene einer Gegend anderen mit.**

A. Auf welche Weise sich bei **Ebbe** und **Fluth** (50) die Form des Meeres [2]) nach den unregelmäßigen Gestalten der ihm entgegenliegenden Länder, der einfachen Theorie gegenüber, wirklich voranbewege, zeigt am bequemsten die Tafel III, wo die Punkte mit gleichzeitiger Fluth durch gebogene Linien, **Isorachien**, verbunden und diese mit Beziehung auf die Stunde mit Römischen Ziffern bezeichnet sind, um hiedurch deren richtige Aufeinanderfolge und ihren Zusammenhang leichter zu ermitteln, wo beides gestört ist. Zwar dürften dann nur 2mal 12 solcher Linien, entsprechend den Stunden von Tag und Nacht, entstehen, wie das seitwärts von den Spitzen unserer Kontinente, wo die Fluthwellen rings um die Erde ohne Unterbrechung und Aufenthalt rotiren können, auch der Fall ist. Da aber von den Westküsten des Neuholländischen und des alten Kontinentes an keine Fluthwelle durch die dahinter gelegenen Meere fortrotiren kann, weil sie durch die Ostküste der vorliegenden genannten Kontinente abgehalten ist (s. die Tafel), so dringen die regelmäßigen südlichen Fluthwellen, die sich wie andre Wellen in Undulationen nach allen Richtungen fortpflanzen, ungestört von S. her in den Ostindischen Meerbusen und den Atlantischen Ozean nach N. ein, und da sie durch die nahen Küsten und Untiefen in diesen verengten Meeres-Armen gebrochen und aufgehalten immer langsamer voranschreiten, so bedecken sie dieselben nicht nur in viel größerer Anzahl bis sie ihre nördlichen Enden erreichen, sondern bleiben auch längs der Küsten viel weiter als

[1]) Jahrb. *1831*, 360; *1833*, 715.

[2]) Es kann nämlich hier nicht von Wasser-Strömungen, in dem Sinne wie in den folgenden Fällen, rund um die Erde die Rede seyn, sondern nur von einer Fortbewegung der Hebung des Meeres, als ob man einen Spielball zwischen 2 Fingern allmählich ringsum in einem eingebildeten Äquator zusammendrückte.

in der freien Mitte des Ozeans zurück, wodurch sie Kurven bilden. Dasselbe Zusammendrängen findet an der SO.-Küste Amerika's Statt; und dasselbe Hereinschlagen der Fluthwellen, wie um das Süd-Ende Neuhollands und Afrika's, wiederholt sich um die Südspitze Amerika's herum mit Gabel-artiger Theilung der Wellen einmal gegen die Landenge von Panama zurück und dann gegen die NO.-Küste Asiens vorwärts, während ihre Fortbewegung in einiger Entfernung von der S.-Spitze Amerika's gegen die Breiten im S. von Neuholland, wo uns Beobachtungen mangeln, ungestört fortschreiten müssen. Nur hier wird also die Zahl von 24 Isorachien genau eingehalten.

B. **Unter** den See-Strömungen würde der **Ost-Strom** (Taf. **IV**), wenn Kontinente und Inseln ihm nicht im Wege lägen, die einfache östliche Richtung rings um die Erde verfolgen. Alle die Abweichungen aber, welche schon S. **164—165** dargestellt worden, seine Verästelungen, seine Ablenkungen von der geraden Bahn, seine südlichen und seine nördlichen Richtungen und selbst völligen Umbiegungen sind Folge der Land-Bildung.

Da die ungeheure Wasser-Masse dieses breiten, tiefen und raschen Stromes, dessen Temperaturen auf der Karte bemerkt worden, sich nicht so schnell abkühlen kann, so erhöhet er die Temperatur mancher Striche des Meeres und der Luft ansehnlich über diejenige, die ihnen vermöge der geographischen Breite zusteht, kann aber auch im weitern Verlaufe zur Abkühlung anderer beitragen.

a. Dieser Strom ist auf der Karte nur eingetragen, soferne er sich mit beständiger Richtung und bestimmter Abgrenzung im Zusammenhange verfolgen läßt und er mithin den Namen Strom wirklich verdient. Aber eine so beträchtliche Wasser-Masse kann sich mit allen ihren Armen und Ablenkungen nicht unabläßig mitten durch den ganzen Ozean bewegen, ohne auch fast alle anderen Theile desselben auf manchfache Art in Bewegung zu setzen oder deren Bewegung zu durchkreuzen und zu modifiziren, wobei Temperatur-, Küsten- und Boden-Verhältnisse hauptsächlich noch mitwirken. Daher es sich erklärt, wie er streckenweise nicht so deutlich erscheint oder mit anderen Bewegungen, mit der Drift u. s. w. in Verbindung tritt, oder er in kleinen Partie'n in sich selbst zurückkehrt. — Wir haben aber S. 165 bereits angegeben, obschon dieß nach Vorigem auf der Karte nicht eingetragen ist, wie derselbe mit ansehnlich hoher Temperatur sich längs der West- und Nord-Küste Europa's gegen Sibirien bewege und durch die Behrings-Straße wieder in das Stille Meer, durch die Baffins-Bai wieder nach Grönland bringe. Im Westen von Europa sinkt die Temperatur des

Meeres überhaupt, wohl mit durch den Einfluß des Stroms, nach v. Humboldt auch im Winter nicht unter 9° C. [1]). Im Norden von Europa hindert dieser Strom die Anhäufung des Polar-Eises, so daß hier eine tiefe Bucht in der nordischen Eis-Masse vorhanden ist und dieselbe von Europa entfernt hält. Nach Skoresby [2]) erkennt man diesen Strom selbst hier und da im Eis-Meere wieder, wo er 8°—10° über die Temperatur des übrigen Meeres besitzen soll. — Wie das Wasser dieses Stromes nun das Polar-Meer fortdauernd erwärmt, so muß es nach seinem Durchgange durch dasselbe mit einer niedrigern Temperatur, erkältend, auf den genannten zwei Wegen zurückkehren. Jener erwärmenden Wirkung hat man zum Theile die milde Temperatur, das Hinaufdrängen der Isothermen (Taf. VI) erst an der Ostküste Amerika's, dann in der Mitte des Atlantischen Meeres und im Kanale zwischen Europa und Grönland und vielleicht zum Theile noch die Trennung [?] der 2 Kälte-Polen auf seinem Wege gegen die Behrings-Straße zuzuschreiben. Wir haben durch eine punktirte Linie längs der Ostküste Grönlands und des übrigen Nord-Amerika auf Taf. VI und Taf. IV einen anderen Strom angegeben, welcher wohl in Folge des ersten und des Eis-Aufbruches im Frühling eine Menge Treib-Eis südwärts bis an den Golf-Strom und in einzelnen Block-Gruppen zuweilen mehr östlich bis zu den Azoren im 42° Br. führt, und sehr zur Abkühlung jener Küsten beiträgt, wie die Krümmung der Isothermen andeutet. — Der andre, aus der Behrings-Straße kommende Strom mag dann für die nördliche Westküste Asiens ähnliche Folgen haben, obschon andre Verhältnisse dort einen noch größeren Einfluß auf die Herabkrümmung der Isothermen äußern müssen.

Nach Kotzebue ist auch eine dicht an der Westküste N.-Amerika's hingehende Strömung vorhanden, welche dieselbe mit wärmerem Wasser versieht.

C. Die Strömung des Plata-, des Amazonen-Stromes und des Missisippi setzt von ihrer Mündung an viele Meilen weit sehr kenntlich im Meere fort. So auch bei anderen Flüssen im Verhältniß zu ihrer Größe.

D. Die **Drift-Bewegung** (S. 165) ist zu langsam und zu oberflächlich, als daß sie sehr in Betracht gezogen werden könnte; doch kann sie immerhin neben andern Strömungen mitwirken, das Eis der Polar-Gegenden bei seinem Aufbruche in warmen Sommern in größeren und kleineren Gruppen von Eisbergen (S. 175) mittägigen Gegenden zuzuführen, wo man sie sonst nicht kennt, und auf deren Klima einzuwirken, wie denn Schiffe oft ihr Herannahen auf dem Meere aus einer Temperatur-Erniedrigung

[1]) Jahrb. *1833*, 574.
[2]) *Account of the Arctic Regions* (*II voll. Edinb. 1820*) I, 208, 210.

errathen, ehe sie solche noch sehen. Leicht können auch Luft- und See-Strömungen solche losgerissene Eis-Berge eine Zeit lang in Buchten u. s. w. in größrer Menge zusammentreiben, als der Sommer aufzuthauen vermag, und so kann der Grund zu einer periodischen und endlich selbst bleibenden Abkühlung einer Küsten-Gegend gelegt werden.

E. Die Luft-Strömungen haben im Atlantischen Theile der Erde die größte Analogie mit den See-Strömungen. Sie erleiden aber überall durch die Land-Bildung nicht nur manche Abänderungen, sondern es werden auch neue durch sie hervorgebracht. — So sind die regelmäßigen **Passat-Winde** (S. 30 und 402) zwar das Analogon des Oststromes, haben aber über dem Atlantischen Meere einen etwas nördlicheren Strich, indem dessen nördliche Zone zwischen dem 8.° und 28.° N. liegt, die südliche bis $1\frac{1}{2}$° diesseits des Äquators reicht, und beide, durch eine Zone veränderlicher Winde und Windstillen getrennt, im Sommer um $1\frac{1}{2}$° weiter nach N., im Winter eben so viel weiter nach S. rücken. Der Passat-Wind wird, da er nur nächst der Oberfläche der Erde stattfindet, durch vorliegende Bergketten gehemmt, reicht daher in Süd-Amerika landeinwärts bis zu den Andes, im Golfe von Mexiko biegt sich der NO.-Passat außerhalb des Wendekreises NO.-wärts zurück, um der Richtung des Golfstroms zu folgen, welche seiner früheren entgegengesetzte Richtung dann oft die furchtbaren Westindischen Orkane herbeiführt. — Anders würde es sich mit den durch die Passat-Winde veranlaßten schief westwärts gehenden Strömungen [1]) verhalten, so lange sie in den oberen Gegenden der Atmosphäre bleiben; aber in der Nähe der Erd-Oberfläche in den gemäßigten Zonen angelangt sind sie ebenfalls von der Form derselben abhängig und müssen in Stärke und Richtung auf das Mannichfaltigste modifizirt werden. — — Indessen findet ein Aufsteigen der erwärmten untern Luft-Schichten und ein Herabsinken der oberen kälteren nach kühleren Breiten in schwächerem Grade überall und auch außer den Tropen Statt und muß den vorigen verwandte Erscheinungen hervorrufen, sobald die Erwärmung in so starker Weise und auf so ausgedehnten Flächen eintritt, wie die Sand-Wüsten Afrika's sind. Es veranlaßt auch in Küsten-Gegenden die über Tag herrschenden

[1]) a. a. O.

kühlenden **See-Winde**, welche des Nachts den **Land-Winden** folgen.

Daher für das ganze mittle und südliche Europa die heiße und trockne Beschaffenheit des Süd-Windes, welcher nicht selten, als **Scirocco** in **Italien** und als **Föhn** in der Schweitz, in deren Thäler er sich fast senkrecht herabzieht, noch ein näheres Dokument seiner Abstammung, dieselbe glühende erstickende, alles Leben gefährdende Beschaffenheit mit sich führt, wie man sie nur an der Luft jener Sand-Wüsten kennt. Dieser Lage im Norden des heißen Afrikanischen Kontinentes und dem Mangel vorliegender hoher Berg-Ketten wenigstens auf seinem westlichen Theile und mithin seiner Offenheit gegen Süd-West-Strömungen und diese Süd-Winde verdankt das westliche Europa zweifelsohne einen großen Theil seiner gegen alle andren Länder unter gleicher Parallele so milden Temperatur. Denn Asien hat in seinem Süden keine beträchtliche Landstriche mehr, und die heißen Winde könnten nur, nachdem sie sich über den zentralen Hochebenen und vereisten Gebirgs-Kämmen abgekühlt hätten, nach dem nördlicheren Theile gelangen.

F. In entgegengesetzter Weise, nämlich abkühlend, wirken hauptsächlich in der wärmern Jahreszeit die Eis- und Schnee-Anhäufungen der Polar-Gegenden und höherer Gebirge auf ihre Nachbarschaft, nur daß sie keine so regelmäßigen Strömungen veranlassen (**Eis-Winde**). Nur von den Schnee-Gebirgen kann man sagen, daß sie eine nach den Niederungen gehende Bewegung der durch ihre Berührung abgekühlten und daher schwereren Luft-Schichten veranlassen, welche theils gleichförmig nach allen Seiten erfolgt, theils sich den verschiedenen aus anderen Ursachen entsprungenen Winden mittheilt, so daß die Umgegend bald in dieser und bald in jener Richtung empfindlich abgekühlt wird. Das letzte ist denn auch mit dem Polar-Eise der Fall, welches jedoch, wenn es im Sommer aufbricht und durch See-Strömungen zuweilen in großen Massen weit in die gemäßigten Zonen hinein geführt wird, seine Wirkung in gewissen Richtungen noch weiter erstreckt. — Da diese Abkühlungen nun auch wieder die wässerigen Niederschläge befördern, so kann man im Allgemeinen von dem Klima in der Nähe solcher, wenn auch nur einen Theil des Sommers hindurch bleibenden, Schnee- und Eis-Massen sagen, es seye kühler und feuchter als sonst unter gleicher Breite und insbesondere durch eine große Veränderlichkeit ausgezeichnet. Daraus geht aber auch hervor, daß dieses Klima, wenn die Abkühlung der Erde nur erst weit genug vorangeschritten ist, um Schnee-Anhäufungen zu gestatten, auch ohne fernere Abkühlung von innen schon durch sich selbst bis zu einem

gewissen Grade weiter sinken müsse (vgl. §. 114 I). — Aber von diesem mehr besonderen Falle abgesehen, begünstigen oder benachtheiligen alle höheren Gebirgs-Ketten die tiefen Nachbar-Gegenden schon in so ferne, als sie kalte oder warme, trockne oder feuchte Winde von ihnen abhalten.

a. Die große Entfernung des Polareises von Europa (S. 415) schützt dieses mehr gegen die Eis-Winde, als bei andern Kontinenten der Fall ist.

b. Es ist bekannt, welchen großen Einfluß auf diese Weise die Alpen-Kette auf ihre Nachbarschaft übt und daß derselbe fühlbarer auf der Süd- als auf der Nord-Seite ist. Da die über sie weggehenden Luftströmungen aus Norden nicht leicht sehr steil hinabgehen, so genießen viele und ansehnliche Landstriche an ihrem Fuße (z. B am Comer- und Großen See) eine viel mildere Temperatur, als die weiter in die Lombardei hinein liegenden, und Orangen u. dgl. gedeihen dort, welche hier ohne künstlichen Schutz nicht mehr aufkommen. Auch die noch wärmere Temperatur der ihren Quellen kaum entsprungenen Bäche begünstigt dort den frühen Graswuchs mehr als hier (daher die immergrünen Wiesen „Marzite").

c. Süd-Amerika mit seinen Schnee-Gebirgs-Ketten ist kühler als Afrika ohne solche.

d. Die Abkühlung, welche Schnee-Gebirge in den benachbarten Ebenen veranlassen, dauern in dem Falle das ganze Jahr hindurch fort, wenn jene in Breiten liegen, wo in der Ebene nie oder nur wenig Schnee fällt.

G. Ferner gibt es in den wärmeren Meeren, Küsten- und Insel-Ländern Süd- und Ost-Indiens, West-Afrika's und Brasiliens noch mit der Jahreszeit veränderliche Winde, **Moussons**, deren Ursache zwar nicht so genau bekannt ist, aber sich ebenfalls aus dem Wechsel der Erwärmung ausgedehnter Land-Strecken bei senkrechtem Stande der Sonne mit der Regenzeit und aus dem Gegensatze der zwei Erscheinungen in den, beiden Seiten der Linie zunächst gelegenen Ländern erklären lassen wird. Wir haben von ihnen keine weiteren Wirkungen herzuleiten.

H. Endlich hat jede Örtlichkeit noch ihre besonderen herrschenden Winde, welche durch den Konflikt aller bisher aufgezählten allgemeineren Ursachen bedingt werden, ohne daß diese bis jetzt gerade überall genügend angegeben werden könnten.

a. So ist im Atlantischen Ozean nördlich vom 40.° Breite der herrschende Wind im Sommer aus SW., im Winter aus NW. Auf dem Afrikanischen Festlande, in Tunis und Algier, herrscht im Sommer SW., im Winter NW.; — aber an der West-Küste im Sommer SW., im Winter NO. — In Deutschland das ganze Jahr hindurch SW. u. s. f.

b. Eine bildliche Zusammenstellung der herrschenden Richtung der

Winde auf allen Punkten unsrer Erd-Oberfläche findet man in **Berghaus'** physikalischem Atlas [1]).

I. Wie nun die Winde Wärme und Kälte erregen und durch sie erregt werden können, so vermögen sie auch durch Abkühlung Wolken zu erzeugen und durch deren kühlende Wirkung, auf welche Art sie auch entstanden seyen, erzeugt zu werden. Denn die Luft über einer beschatteten Boden-Fläche ist um 5°—10°—15° kühler, als auf einer von der Sonne beschienenen. Dauert eine solche Beschattung ausgedehnter Landstrecken daher längre Zeit an, während in Nachbar-Gegenden die Sonne wirkt, so muß die Zusammenziehung der Luft dort und deren Ausdehnung hier mehr oder weniger beträchtliche Luft-Strömungen veranlassen. — So erregt auch die frühere Beschattung tiefer Thäler am Abende den **Thal-Wind**, während am Morgen die Erwärmung der sie umgebenden Höhen eine entgegengesetzte Bewegung veranlassen kann, wobei denn allerdings die Richtung der Thäler u. s. w. sehr in Betracht kommt. — Durch solche Verhältnisse erklärt sich endlich, warum die Winde so oft negativ sind, d. h. zuerst in der Gegend zu wehen anfangen, nach welcher sie sich hinbewegen.

K. Welche Ursache aber auch den Wind einer Gegend zuführen mag, so wird im Allgemeinen der **Tropen-Wind** heiß, der **Polar-Wind** kalt, doch schwankender, der **See-Wind** feucht und in seiner Temperatur wenig veränderlich (gemäßigt), der **Land-Wind** trocken und bald heiß und bald kalt seyn, je nachdem das Land wechselweise mehr besonnt oder beschattet, beschneet, feucht oder trocken ist; der am Abend nach der noch besonnten Ebene aus den Thal-Mündungen ausströmende **Thal-Wind** (in andrer Beziehung Berg-Wind) ist kühl; der uns über ein Gebirge her zukommende Wind kühl, der über die Tief-Ebenen zu uns gelangende warm u. s. w.

Da nun in West-Europa der West- und Südwest-Wind bei weitem der herrschende und zugleich ein Seewind, und da die See, über welche er anlangt, unter sehr warmen Isothermen liegt, so erklärt sich aus ihm wieder zum Theil das milde Klima in NW. und W. Europa. Allein er verliert diese Eigenschaften um so mehr, je weiter er landeinwärts dringt, und äußert daher in Ost-Europa nicht mehr dieselben Wirkungen. — Überhaupt sind in den gemäßigten Zonen die Westküsten feuchter als die Ost-Küsten, weil hier der von der See kommende West-Wind herrschend ist; zwischen den Tropen

[1]) I. Abtheil., Nr. 7 und 8.

sind der Passat-Winde wegen die Ost-Küsten feuchter, mit Ausnahme der Indischen Länder, wo die Moussons halbjährig wechseln.

L. Man hat nun auch versucht, die Punkte der Erd-Oberfläche (vor jetzt nur in Europa), welche gleiche Regen-Mengen haben, durch Kurven — **Isohyetosen** — zu verbinden, was aber wegen der größeren Differenzen in den einzelnen Jahren, wegen der geringen Anzahl von Beobachtungen und Beobachtungspunkten und wegen des weit bedeutendern Einflusses örtlicher (§. 116 D, §. 117) Momente ein viel unvollständigeres, unregelmäßigeres und zusammengesetzteres Bild gibt, als die Isothermen. Dem gemäß haben mitteln jährlichen Regenfall in Europa:

einige exzessive Punkte in d. Ost-Alpen, Coimbra u. Bergen 100″, 120″ u. 83″
Ost-Alpen im weitern Kreise . . . . 40″
SW.-Europa (ohne das Tafelland Spaniens) und der Westen Frankreichs, Großbritanniens, Irlands u. S.-Skandinaviens 35″—25″
Zentral-Deutschland, Frankreich und Skandinavien . . . . 25″—20″
Zentral-Ost-Europa von Ungarn an, Rußland, Ural u. s. w. . . 15″
Jenseits Tobolsk . . . . 10″

Will man aber das Land charakterisiren nach der Jahreszeit, worin $\frac{1}{3}$ des ganzen jährlichen Regens fällt, so haben wir für Europa drei Zonen zu unterscheiden: eine

Zone des Winterregens: S.-Spitze.
„ „ Herbstregens: S.- u. W.-Europa.
„ „ Sommerregens: Inner-Europa.

St. Domingo hat jährlich 113″ Regen, Fezzan und Lima dagegen gar keinen.

§. 118. Der **magnetischen Verhältnisse** unsrer Erd-Kugel haben wir bisher noch nicht gedacht, weil sie, obschon zweifelsohne mit der Bildung derselben wie mit den meteorischen Erscheinungen in Verbindung stehend, doch für unseren Zweck noch kein wesentliches Resultat geliefert haben. Die meteorischen Beziehungen ergeben sich übrigens sowohl aus dem Nordlichte, wie aus der Ähnlichkeit gewisser, die Punkte von gleichem magnetischem Verhalten verbindender Linien mit den Isothermen in Folge der Unterdrückung des Magnetismus durch die Wärme.

B. Die tellurisch-magnetischen Erscheinungen hat man untersucht nach der Intensität des Magnetismus an der Erd-Oberfläche, nach der Neigung, Inklination, der vertikal sich drehenden Nadel, und nach der Richtung der horizontalen Nadel, welche bald rechts und bald links von der der Meridiane abweicht, Deklination.

C. Verbindet man alle Punkte der Erd-Oberflächen, wo der Magnetismus gleiche Stärke zeigt, durch Kurven — **isodynamische Linien** — miteinander, so erhält man das auf Tafel V gegebene Bild. Man ersieht aus den auf dem 30. und 180. Meridiane angeschriebenen Ausdrücken für die Intensität des Magnetismus auf den Parallelen, daß dieselbe vom Äquator gegen die Pole hin zunimmt, obschon Äquator und Pole derselben nicht mit den mathematischen zusammenfallen. Bei jener Ausdrucks-Weise ist diejenige Intensität, welche v. Humboldt auf der Linie ohne Neigung (magnetischer Inklinations-Äquator) in Peru gefunden, als Einheit gesetzt und die Zunahme nach den Polen hin in Dezimalen ausgedrückt; der innerste Kreis bei den Polen umschließt dann das Feld der größten Intensität. Dieses Feld bedürfte in seiner Mitte nur einer geringen Zusammenziehung, um in zwei den Kälte-Polen ziemlich entsprechende Felder zu zerfallen, was mehr oder weniger aus den bekannten Beziehungen zwischen Temperatur und Magnetismus erklärlich ist. Nach den Berechnungen von Gauß aber gibt es nur **einen** magnetischen Pol und kann es keine zwei geben, ohne daß sich zwischen ihnen wieder ein dritter bildete. — Aber jene von Humboldt in Peru gefundene Stärke ist das Minimum nur auf der Linie ungefähr vom 80.° bis 120.° W. Länge, die gegen Peru endet, und sinkt im ganzen übrigen Umkreise des Äquators tiefer und selbst unter 0,9 herab, wie man aus dem Verlaufe des Isodynamen und ihrer Bezeichnung ersieht.

Einige neuere Beobachtungen von Sabine s. in den *Philosoph. Transact.* [1]).

D. Folgt man aber der Richtung der horizontalen Magnet-Nadel, welche bald rechts und bald links von der der geographischen Meridiane abweicht, so führen alle diese **magnetischen Meridiane** (die von den **Isogonen** rechtwinkelig durchschnitten werden) endlich zu einem nördlichen und einem südlichen Pole; aber beide **magnetischen Pole** sind veränderlich: sie rotiren im Verlauf einer ungleichen Zahl von Jahrhunderten um die mathematische Pole und stunden vom Pariser Meridiane aus nach der im Berghaus'schen Atlas [2]) befindlichen

[1]) *1840*, I, 129—141; *1841*, I, 11—36.

[2]) S. 90, Abtheil. IV, Taf. 1 und 2.

	Nordpol.		Südpol.	
Karte von Duperrey i. J. 1825 in	100°45′ W.,	70°5′ B.	—135°00 O.,	76°00 Br.
Berechnung v. Gauß f. neueste Zeit	118°00′ „	73°35′ „	— 150°10 „	72°35 „
Beobachtung von Capit. Roß [1])	96° W. Green.	70°5′ B.		

also beide nicht um **180°**, sondern nur um **146°** Breite und um **125°** oder **92°** Länge von einander entfernt. Der Äquator, welcher die beiden um diese Pole geordneten Erd-Hälften von einander trennt, ist unter dem Namen **„mittler magnetischer Aequator"**, wie die Pole selbst in Form zweier Sterne, auf Taf. **V** aufgetragen, aber für eine andre, bei Berghaus nicht näher angegebene Zeit und daher in andrer Lage und Richtung, als dem obigen entspricht. Außerdem ist diese Tafel, gleich allen unsern andern, auf den Meridian von Greenwich bezogen, welcher um wenige Grade weiter westlich als der Pariser liegt.

E. Die vertikale Nadel nimmt eine um so steilere Richtung nach unten an, je näher sie dem Nord-Pole kommt, bis sie endlich ganz senkrecht wird, sie führt daher zum nämlichen Ziele, wie die horizontale Nadel, wie sie auch der ältre Roß am N.-Pol gesehen und der jüngre kürzlich am S.-Pole in solcher Steilheit (etwa 88°) wahrnahm, daß er nur noch **30** Preuß. Meilen von ihr entfernt seyn konnte. Man kann die Punkte der Erd-Oberfläche, wo ihre Neigung gleich groß ist, durch Kurven — **isokline Linien** — miteinander verbinden; der ihnen entsprechende Äquator, die Isokline **0**, weicht [wegen unvollkommener Beobachtungen?] etwas von dem vorigen ab und ist mit dieser auf Tafel **V** angegeben.

Bis zu Duperrey hatte man immer zwei nördliche und zwei südliche Magnet-Pole und mithin auch zwei magnetische Achsen der Erde angenommen, wogegen sich zuerst Hansteen erklärt. Über angebliche Lage und Rotation dieser vier magnetischen Pole vergl. Muncke [2]), Hansteen, Brewster [3]) u. A. — Wenn nun aber nur zwei Pole vorhanden, so bedürfen die früheren Beobachtungen über deren Voranbewegung um den mechanischen Pol einer Revision. Da indessen feststeht, daß die magnetischen Erscheinungen durch die Wärme unterdrückt werden und in der That auch jetzt die Kälte-Pole fast ganz mit den magnetischen zusammenfallen, diese letzten aber sich in geschichtlicher Zeit ziemlich weit voran bewegt haben, so

[1]) Roß hat den nördlichen magnetischen Pol auf seiner letzten Expedition selbst erreicht, wo die horizontale Nadel keine bestimmte Richtung mehr hielt, sondern nach allen Gegenden herumschwankte und die vertikale Nadel fast ganz senkrecht stund (Jahrb. *1835*, 126).

[2]) Physik I.

[3]) Jahrb. *1833*, 78, 380; *1834*, 731.

fragt es sich, ob nicht auch die Kälte-Pole denselben Weg mit ihnen zurückgelegt haben, was dann mit Hebungen und Senkungen der Erd-Rinde in Verbindung zu stehen schiene und die hohe Temperatur des ansteigenden Skandinaviens (§. 118, B, b und S. 256) gegenüber der historischen Kälte-Zunahme in dem sinkenden Grönland (S. 260) und in Island erklären würde (Muncke).

F. Über das **elektromagnetische Verhalten** der Erz-Gänge, ihre Leitungs-Fähigkeit u. s. w. verweisen wir lediglich auf die Beobachtungen von Fox [1]) und von De le Rive und Marcet [2]). Es erläutert wenigstens näher die Fortbildung angefangener oder die Gestaltung neuer Gänge da, wo gewisse Erz-Massen einmal vorhanden sind (S. **207**).

§. **119**. **Verhältnisse im Ganzen.**

A. Werfen wir nach diesen Detail-Betrachtungen über den Einfluß der Land-Bildung auf das Klima noch einige Blicke auf Tafel **VI**, wo auf dem **90**. Meridiane W. die mittle Jahres-Temperatur jeder Isotherme und auf dem **130**. Meridiane O. die Differenz zwischen ihrer mitteln Sommer- und Winter-Temperatur für Ost-Asien angeschrieben ist, so daß man sich darnach die mittlen Sommer- und Winter-Temperaturen selbst leicht auffinden kann, so werden die meisten Verhältnisse dieser Tafel ihre Erklärung bereits in den nächstvorhergehenden §§. gefunden haben, insbesondere

die hohe Temperatur von Afrika (S. **406** c, **418**),

die hohe Temperatur von West-Europa (S. **415**, **418**, **419**),

die Kälte des nordöstlichen Asiens zum Theile (S. **410** u. a.),

die der Haupt-Gebirgs-Ketten in N.- und S.-Amerika (S. **409**, **410**, **416**),

das Erscheinen von zwei Kälte-Meridianen und die ?angebliche Trennung zweier Kälte-Pole im vordern zum Theil (desgl. und S. **415**),

die Kälte an der Ost-Küste N.-Amerika's (S. **417** und früher),

die große Regelmäßigkeit der Isothermen in der Kontinent-armen Süd-Hemisphäre.

B. Doch scheinen einige Verhältnisse damit noch nicht oder doch nicht genügend erklärt zu seyn, wie eben die Trennung der zwei nördlichen Kälte-Pole, die Ursachen der großen Kälte in Hinter-

---

[1]) Jahrb. *1832*, 241—243; *1833*, 219.

[2]) a. a. O. *1835*, 97.

Asien, die Wärme im NW. Europa und Amerika, die angebliche größre Kälte am Süd-Pole, die zunehmende Extensivität des Klima's der nördlichen Kontinente von W. nach O.

a. Gewöhnlich sah man die südliche Hemisphäre für kälter an, wie denn auch der Wärme-Meridian größtentheils auf die nördliche fällt, weil das Polar-Eis bis um 10° Br. weiter heraufreicht und man noch nicht im Stande ist, so weit in das südliche Polar-Eis einzudringen, als ins nördliche. Es erklärt sich das wohl zum Theil aus dem Mangel Erwärmungs-fähiger Landflächen. Indessen ist am Süd-Pole auf dem 60. Parallel-Kreise die mittle Temperatur auf 0° gesunken, während sie am Nord-Pole zwischen + 5° und — 5° schwankt, mithin im Ganzen jener gleich kommt. Der Versuche, in das südliche Polareis einzudringen, sind nur höchst wenige gemacht worden; eine eben so geringe Anzahl würde im Norden vielleicht kaum weiter geführt haben. Doch hatte man bei jenen Versuchen auch kein südliches Polar-Land gefunden, an dessen Küsten sich das ausgedehnte Eis hätte anhäufen können und daher von dessen Vorkommen im freiem Meere auf eine größre Kälte geschlossen. Bei den neuesten von Frankreich, England und N.-Amerika veranstalteten wiederholten Expeditionen ist man aber nicht nur tief eingedrungen, sondern hat auch ein sehr ausgedehntes Polar-Land hinter der Grenze des Polareises entdeckt, welches eben durch jenes weiter vorgeschoben seyn dürfte.

b. Im Norden ist die Entdeckung von zwei, auf der Karte mit * bezeichneten Kälte-Polen von — 17,2° und — 19,7° Temperatur statt des vorausgesetzten einen, und mithin die Thatsache, daß der Nord-Pol selbst wahrscheinlich wärmer ist, als zwei große über 12° weiter südlich gelegene Striche der Oberfläche, sehr überraschend gewesen. Aber auch die hohen Temperaturen zweier vom N.-Pol ausgehenden Radien gegen den 0. und den 150. Meridian im Westen scheinen damit im Zusammenhange zu stehen. Zum Theil hat sich die Erscheinung durch den Golfstrom erklären lassen und zum Theil mag sie von dem Mangel an festem Land als Grundlage der Eis-Anhäufung in der Richtung über den Nord-Pol hin abhängig seyn; zum Theile endlich von der Nähe hoher Eis-Gebirge auf beiden Kontinenten zunächst den Kälte-Polen. Aber die Größe dieser Gründe scheint weder der Größe der Erscheinung zu entsprechen, noch erklären sie die hohe Temperatur des NW. Endes von Amerika, wofür man nur einige untergeordnete negative Momente anführen könnte. Wir müssen aber hier noch auf einige andre, zuerst von Muncke [1]) zusammengestellte Momente aufmerksam machen. In einem Streifen des Meeres nämlich, welcher 5°—10° O. und W. vom Greenwicher Meridian und zwischen dem 60° und 80° N. Br. liegt, wächst nach verschiedenen Reisenden die Temperatur des Meeres nach der Tiefe, was allen anderen Beobachtungen entgegen ist, und zwar in oft auffallendem Grade, oder sie nimmt wenigstens nicht verhältnißmäßig ab, was nun Muncke von einer eigenthümlichen Wärme des Bodens

---

[1]) in Gehlers Wörterbuch VI, 1578; IX, 544, 1684.

herleitet, Bischof aber für die Beobachtungen Franklin's, Beechey's und Fischer's daraus erklärt, daß das Schiff meistens von Eis umgeben und die Temperatur der Oberfläche des Meeres durch letztes auf den Frostpunkt niedergedrückt gewesen seye [1]). Wie aber sollte dann im 80° N. Br., wo die mittle Temperatur für diese Gegend — 7° C. ist, eine Temperatur von 8° C. in der Tiefe des Meeres erklärt werden, welche selbst der Golfstrom hier nicht mehr geben kann? Es ist daselbst

Breite.	Länge.	Autor.	Temperatur-Grad an der Oberfläche.	Temperatur-Grad in der Tiefe.	
in 61°,	7° W.	Sabine	9,6°	470 Lachter	8,3°
„ 66°,	5° O.	Franklin	6,1°	260 Faden	5,2°
„ 77°,	12° O.	„	0°,5	700 Lachter	6,1°
„ 78°,	0°	Scoresby	0°	761 „	3,3°
„ 80°,	11° O.	Franklin, Beechey	0°	185 „	2,5°
				217 „	2,8°
				140 „	2,5°
„ 80°,	„	Fischer	0	60 „	7,8°
				100 „	7,9°
				140 „	8,0°

Hiezu gesellt sich der Umstand, daß in Lappland und Norwegen an vielen Stellen der Boden unter dem Schnee niemals gefriert [2]), daß in Tromsöe im 69° der Thermometer nie unter — 15° C., in Röraas unterm 62° Br. aber bis unter — 38 C. fällt, daß das Nord-Kap ohne Eis ist, während sich Sund und Ostsee damit bedecken, und daß manche Stellen in Finnmark 0° oder höchstens — 1° mittle Temperatur haben [3]); dann das mittelmeerische Klima einiger Nord-Schottischen Inseln, welches weit milder als das Englische ist, während es in gleicher Breite Amerika's und Sibiriens nie aufthaut. — Die vielen noch thätigen Vulkane auf Kamtschatka und dem NW. Ende Amerika's (Taf. II) lassen einen ähnlichen Grund vermuthen. Eine der obigen ähnliche Beobachtung besitzt man noch von Horner, welcher das aus dem Golfstrome bei den Antillen aus etwa 100 Faden Tiefe heraufgezogene Blei-Loth so heiß fand, daß man es nicht mit der Hand berühren konnte. Auch diese Erscheinung, wie die obige, läßt sich nur durch Annahme einer großen Hitze des Meeresbodens selbst erklären, welche in Norwegen vielleicht mit der Hebung des Landes zusammenfällt. Dann hätte die Temperatur des Golfstroms noch einen zweiten wichtigen Grund!

c. Die große Kälte und Extensivität des Klima's in Hinter-Asien auf dem 130. Meridiane O., mit diesen Verhältnissen in Gegenden gleicher Breite unter andern Meridianen verglichen, scheint am schwierigsten erklärbar zu seyn, da sie noch großentheils in die Meeres-Fläche fällt, wenn nicht auf der einen Seite eben der Mangel aller begünstigenden Verhältnisse

[1]) Erdwärme 141, 142. — [2]) Muncke a. a. O. IV, 999.
[3]) Russegger im Jahrb. *1841*, 82.

(zu welchen aber doch die Nähe des Meeres schon gehört, auf der andern Seite das Einfallen des östlichen Kälte-Poles in jenen Meridian und seine erkältende Wirkung bei Nordwinden, so wie die Nähe der Hochebenen Asiens in SW. Richtung dazu hinreichen.

f. Es ist aber noch weiter bemerkenswerth, daß auf den Meridianen größter Extensivität der Abstand zwischen mittler Sommer- und Winter-Temperatur auch noch größer zu sein scheint, als der in einem Punkte auf dem Meridian geringster Extensivität (größter Wärme) unter gleicher Isotherme mit vorigen. So hat New-York den Sommer Roms und den Winter Kopenhagens, zwischen denen seine Isotherme mitten durch geht, Quebeck hat den Sommer von Paris und den Winter von Petersburg, Peking den Sommer von Kairo und den Winter von Upsala.

g. Auch müssen wir unentschieden lassen, ob es außer den bereits erwähnten, in dieser Hinsicht zufällig zusammentreffenden Ursachen noch eine andre nothwendige gebe, welche auf der nördlichen Hemisphäre die Zunahme der Kälte und die Extensivität von ihren West- bis zu ihren Ost-Küsten veranlasse.

C. Es erhellt nun aber auch, daß einige verhältnißmäßige unbedeutende Änderungen in der Form und Vertheilung des Landes auf der Erd-Oberfläche: das Niedersinken der Landenge von Panama um wenige hundert Fuße zur Durchlassung des Golfstroms, die Entfernung oder Ausdehnung des Landes in den Polar-Gegenden, die Abkühlung des erhitzten Meeres-Bodens in der Nähe von Grönland, das Einsinken der Afrikanischen Sand-Wüsten um einige hundert Fuße bis unter den Meeres-Spiegel oder die weitre Hebung und Gestaltung derselben in unebenes Berg- und Thal-Land, das Auftauchen einiger kleinen Landstreifen zwischen Indien und Neuholland bis zur Verschließung der Zwischen-Räume für das Meer, die Schließung der schmalen Behrings-Straße u. dgl. noch ferner die allergrößten Einflüsse auf die klimatischen Verhältnisse weiter Landstriche zu äußern vermöchten.

C. Sekuläre Schwankungen.

§. 120.

A. Wie in Folge der **Präzession des Perihels** alle 20.000 Jahre die Sonnen-Nähe und die Sonnen-Ferne bald mit unserm Sommer oder Winter, Frühling oder Herbst zusammentreffe und in allen vier Verbindungen ganze Jahreszeiten wechselweise um wenige Prozente (etwa 0,03) wärmer und kürzer oder kälter und länger werden und wie solches mit unsrer Zeit-Rechnung zusammenfalle, ist schon S. 45—47 auseinandergesetzt.

B. Die seit 11,400 v. Chr. oder jetzt 13,240 Jahren abnehmende **Exzentrizität der Erd-Bahn** hat seitdem möglicher Weise eine unbedeutende Abnahme in der Erwärmung der Erde während der Sonnennähe, und Zunahme während der Sonnenferne, also eine größere Indifferenz bewirken können, als früher stattgefunden (S. 44). Im Falle aber, nach Herschel's Annahme, sich der Differenz einmal wie 3 : 1 verhalten haben sollte, wäre noch eine vielfach längre Zeitdauer zu dieser Abnahme nöthig gewesen. Die qualitativen Folgen dieser Veränderung sind a. a. O. für den Fall des Zusammentreffens des Perihels mit unserem nördlichen Winter auseinandergesetzt worden.

C. Es würden sich auch die Folgen der übrigen sekulären Verbindungen mit den Jahreszeiten durch das Vorrücken der Äquinoktien und des Perihels, nach Maasgabe von A, leicht entwickeln lassen, wie denn auch Herschel[1]) auf die abwechselnde Verlegung beider Erdhälften in Klimate gegengesetzter Natur hinweiset, wovon das eine beinahe ein beständiger Frühling, das andre ein wechselweise versengender Sommer und strenger langer Winter seyn würde, lange genug, um der jedesmaligen Lebenwelt einen ganz neuen Charakter einzuprägen. Da indessen eine qualitativ bemerkenswerthe Verschiedenheit vom jetzigen Zustande der Dinge jedenfalls sehr ferne liegen müßte, so fragt es sich wieder, ob solche auch damals neben anderen Momenten der Temperatur-Erhöhung hervorzutreten vermogte.

D. Die veränderliche **Schiefe der Ekliptik** sollte zwar nach Herschel keinen erheblichen Einfluß auf das Klima haben; ist aber die Veränderung wirklich so groß, wie Lagrange u. a. Astronomen annehmen (S. 42), so kann ihr ein Einfluß auf das Klima der einzelnen Zonen nicht abgesprochen werden. In allen Fällen bleibt der Abstand der Sonne von der gemäßigten Zone im Sommer = 0, vom Polarkreis im Winter = 90°, ändert sich aber zu andern Zeiten. So waren: 1) als die Schiefe der Ekliptik vor 16.000 Jahren am kleinsten war und nur 21,21° betrug, die heiße und die kalte Zone um 2,3° schmäler, die gemäßigte um 4,6° breiter, die senkrechte Sonne sowohl als der halbjährige Tag- und Nacht-Wechsel waren auf einen engeren Raum beschränkt, die heiße Zone wurde stetiger und der Winter im mittägigen Theil der

[1]) *Geolog. Transact. N. S.* III, 293—299.

gemäßigten Zone wärmer, weil ihr die Sonne um 4,6° näher blieb, der Polar-Theil der gemäßigten und die kalte Zone waren im Sommer kühler, weil sich ihnen die Sonne weniger und zwar der letzten nur auf 47,6° (statt 43°) nähert. — 2) als sie vor 31.000 Jahren am größten war und 27,31° betrug, war der Erfolg ein umgekehrter, aber in viel größerem Maasstabe. Die heiße und kalte Zone waren jede um 3,8° breiter, die gemäßigte um 7,6° schmäler; die heiße Zone wurde kühler und veränderlicher, der Winter im Süden der gemäßigten Zone kälter, weil sich die Sonne bis auf 54,6° (statt 47°) von dieser entfernte; der Sommer im Norden der gemäßigten und in der kalten Zone wurde aber wärmer, weil die Sonne dieser bis auf 35,4° (statt 43°) näher kam; aber seine Dauer, wie die des Winters, wurde besonders in letzter Zone dadurch wieder abgekürzt, daß die Sonne ihres weitern Weges halber schneller kam und ging.

D. Zusammenfassung.

§. 121. Wir wollen aus dem Mitgetheilten nunmehr eine Zusammenfassung versuchen über diejenigen wichtigen klimatischen Veränderungen der Erd-Oberfläche, welche in den letzten Zeiten ihrer Ausbildung wahrscheinlich oder doch nach den vorliegenden Verhältnissen derselben sehr möglich gewesen sind.

A. Aus den Erscheinungen der organischen Reste entlehnen wir vorgreifend und aus der unmeßbar geringen Veränderung in der Rotations-Geschwindigkeit der Erde während der letzten 2 Jahrtausende finden wir nachholend (S. 81 ff.) den Schluß als wahrscheinlich, daß seit Entstehung der ältesten anerkannt und rein neptunischen Gesteine die Abkühlung der Erde im Ganzen nur noch eine geringe Anzahl von Graden betragen haben dürfte. Je nachdem dieses richtig ist, oder nicht, wird die Abkühlung um die letzten 3°—4° erst von der neuesten geologischen oder schon von einer der mitteln Formationen an zu rechnen seyn.

B. Die Abkühlung der Erde um die letzten 3—4 Grade vertheilte sich aber erweislich höchst ungleich auf die einzelnen Zonen und Zeiten, so daß bei fast gleicher Temperatur der tropischen und nur wenig wärmeren Sommern der übrigen Gegenden

die gemäßigte Zone laue und die heiße Zone noch milde Winter mit geringem Frost hatte.

Denn wenn bei 80° C. allgemeiner Erd-Wärme die Temperatur noch allerwärts gleich gewesen, sie aber jetzt am Äquator + 28° und am Pole — 20° ist, so muß die Abkühlung hier doppelt so rasch erfolgt seyn als dort, und da diese Beschleunigung begreiflich auch nur allmählich eintreten konnte, so muß sie in der letzten Zeit sogar ein Mehrfaches schneller gewesen seyn, als dort. Da nun dasselbe Gesetz auch für die ungleich warmen Jahres- und wieder die ungleich warmen Tages-Zeiten in den kälteren Gegenden gilt, so kann man annehmen, daß bei der Abkühlung der ganzen Erde um die letzten 4 Grade sich diese in einer steigenden Progression, z. B. wie 1 : 2 : 4, also mit 2°, 4° und 8° auf eine heiße, eine gemäßigte und eine kalte Zone von gleicher Flächen-Größe vertheilt habe, und daß auch davon wieder ein ähnlich größrer Antheil auf die Winter und Nächte als auf die Sommer und Tage der letzten Zone gekommen seyn, wie z. B. 3 : 1 (was also im vorigen Fall die Abnahme für den Winter der Polarzone auf schon 12° statt mittle 8° bringen würde). Die ungleiche Flächen-Größe der verschiedenen Zonen modifizirt aber dieses Ergebniß wieder etwas. — In ähnlichem großen Verhältnisse sind also zweifelsohne die kalte und die gemäßigte Zone und ihre Winter vor der allgemeinen Abkühlung der Erde um die letzten wenigen 3°—4° noch wärmer als jetzt gewesen. Sie sind aber noch mehr begünstigt gewesen durch unter solchen Bedingnissen ebenfalls noch nicht eingetretene Anhäufungen von Polar-Eis, durch die vermehrte Ausdünstung des Eismeeres und der warmen Quellen und die dichtere Beschaffenheit der Luft (§. 114, I).

C. Die Präzession des Perihels in Verbindung mit der abnehmenden Exzentrizität der Erdbahn gestatten die Annahme, daß vor langer Zeit daß Verhältniß der Jahreszeiten zu einander und auf beiden Hemisphären ungleicher gewesen, und daß vieltausendjährige Perioden von alternativ versengenden Sommern und langen strengen Wintern bald auf der einen und bald auf der andern Halbkugel abwechselten mit solchen beständigen Frühlingen, zwischen welchen beiden natürlich wieder mittle Zustände eintreten mußten (§. 120 A, B, C).

D. Auch die veränderliche Schiefe der Ekliptik modifizirt in vieltausendjährigen Perioden die Ausdehnung der Zonen sowohl als die Temperatur ihrer Jahreszeiten (§. 120 D). Da sie aber den Zonen, was sie ihnen an Ausdehnung auf Kosten ihres Nachbars an der einen oder der andern Seite gibt, durch Veränderung des Klima's nach Maasgabe der Jahreszeiten zu Gunsten desselben

Nachbars großentheils wieder entzieht, so bleibt die hiedurch bewirkte Umgestaltung des Klima's doch im Verhältniß zu der der übrigen Bedingnisse mäßig.

E. Die Entstehung, Ausdehnung und Erhöhung von Inseln und Kontinenten, oder ihr Vergehen, das Ansteigen oder Einsinken von Gebirgen, solchen zumal, die bis über die obre Schnee-Grenze der Atmosphäre hinaufreichen, die Erwärmung und Abkühlung einzelner Boden-Strecken durch unterirdisches Feuer u. s. w. können nicht nur für sie selbst, sondern auch für die nachbarlichen und selbst oft sehr entfernten (man denke an den Golfstrom) Gegenden ansehnliche Veränderungen der Temperatur und der damit verbundenen wässerigen Meteore, sowie See- und Luft-Strömungen zur Folge haben, welche auf jene nicht selten bedeutend zurückwirken. In Folge dieser geologischen Ursachen allein sehen wir auf der Karte (Tafel **VI**) nicht selten Punkte, welche um **10°—15°—20°**, ja in einem Falle bis über **25° Br.** auseinanderliegen, durch dieselbe Isotherme miteinander verbunden, und öfters verschiedene Isothermen, deren mittle Temperaturen um **10°—12°** und selbst **17°** C. verschieden sind, denselben Parallel-Kreis durchschneiden, welche daher, obschon einer der kleinsten, an verschiedenen und auf nur $\frac{1}{4}$ seines Umfangs beisammen gelegenen Stellen an einem Drittheil der ganzen Stufenreihe mittler Temperaturen unserer Erde theilnimmt. Noch weiter würde der Bereich seyn, wollte man hier auch noch auf die Vertheilung und die Extreme der Temperaturen im Laufe des Jahres Rücksicht nehmen (§. **119**, **B**, **f**). — In anderen Fällen finden wir die Meeresfläche der Äquatorial-Gegenden in einer Breiten-Ausdehnung von **55°** nur um **3°** C. mittler Temperatur schwanken.

F. Wenn nun blos geologische noch fortdauernde Ursachen durch ein zufälliges Zusammenwirken vielleicht im Verlaufe einiger Jahrtausende solche klimatische Veränderungen bewirken können, so ist dieß mehr, als in viel längrer Zeit die Abkühlung der Erde an sich und die astronomischen Ursachen zu leisten vermögen, wenn schon sie nicht ganz außer Acht zu lassen sind; und es ist um so mehr zu berücksichtigen, als dieselben Kräfte wenigstens jeden einzelnen größern Landstrich, rückwärts wie vorwärts, erwärmend und erkältend modifiziren können. — Wenn nun Gebirge und Ebenen sich noch fortdauernd heben und senken (S. **256** ff.), so kann auch keinem Zweifel unterworfen seyn, daß das Klima nicht nur sich für größre

Strecken der Erd-Oberfläche ändere, sondern eben daher auch in gewisser Weise wende, mögen die Perioden, worin solches fühlbar, nun auch noch so groß seyn.

a. Doch scheint gerade die Stelle, wo jetzt die Momente der Erwärmung im Norden von Europa sich am meisten zusammengedrängt haben, den Beweis eines historischen Klima-Wechsels zu liefern, da ja das nahe **Island** im Mittelalter der Sitz hoher Kultur, einer Pflege der Wissenschaften und Künste gewesen, welche man bei dem jetzigen Klima für unmöglich halten mußte, — da die Ostküste **Grönlands** zur Zeit ihrer Entdeckung im X. Jahrhundert frei von Eis und grün war und deßhalb einen Namen erhielt, welcher jetzt, wo alle anfänglich blühenden Norwegischen Niederlassungen durch die Strenge des Klima's und die Eis-Anhäufungen allmählich aufgegeben werden mußten, durchaus nicht mehr auf dasselbe paßt [1]; — da endlich im südlichen England und im nördlichen und selbst einigen hochgelegenen Gegenden des mittlen Frankreichs seit der Mitte des XVI. Jahrhunderts die Weinkultur wegen kühlerer (und trüber?) Sommer aufhören mußte, was zwar **Arago** [2] der fortschreitenden Kultur **allein** zuzuschreiben geneigt ist (worüber später), so läßt sich an eine Veränderung der mitteln Temperatur in diesen Gegenden nicht zweifeln, und zwar, wenn man die §. 119, B, b erwähnten Verhältnisse beachtet, an einer solchen, woran Boden-Temperatur einen wesentlichen Antheil hat. Wenn **Ideler** [3] und **Arago** nur eine Änderung in der Extensivität des Klima's in diesen Gegenden zugestehen, so muß man sich erinnern, daß theils mit der kältern Temperatur einer Gegend auch die Extensivität verhältnißmäßig wächst (S. 426, f), theils diesen ausgezeichneten Physikern die in §. 119, B, b angeführten Temperatur-Messungen entgangen oder noch unbekannt gewesen zu seyn scheinen.

b. Über die noch sonst angeblich vorhandenen Anzeigen von Temperatur-Änderungen der Erde in historischer Zeit haben **Schouw** [4], **Link**, **Ideler**, **Libri** und **Arago** [5] gegen die Ansichten des Abbé **Mann** [6] u. A.

[1] Damals soll der magnetische Pol westlich davon und weiter entfernt gewesen seyn, als jetzt. Zwar ist die Küste schon seit 1408 so vereiset, daß man fast nicht mehr landen konnte und schon damals die Entvölkerung der Kolonie'n begann, und ist schon im Jahr 1813—1814 das Eis der Küste wieder losgebrochen und südwärts getrieben, was auf einen zeitweisen Wechsel der Dinge hindeuten könnte; aber bis jetzt scheinen sich in dessen Folge die klimatischen Verhältnisse keineswegs weiter gebessert zu haben, um den Gedanken an neue Kolonie'n aufkommen zu lassen.

[2] Jahrb. *1835*, 573; — zum Theile gegen **Ideler** a. a. O.

[3] in *Meteorologia veterum Graecorum et Romanorum*, und in **Berghaus** Annalen der Erdkunde rc. V, 417 > Jahrb. *1833*, 249 ff.

[4] *Skildring af Vejrligets Tilstand i Danmark, Kjöbenhavn, 1826*, 8., > Hertha, V, 307—353.

[5] Jahrb. *1835*, 566—574.

[6] in *Commentationes Acad. Theod. Palat. — Physic* VI, 82—111 > **Green** Journ. d. Phys. II, 231.

ausführliche Untersuchungen angestellt, ohne jedoch solche bestätigen zu können, wenn gleich lokale Veränderungen des Klima's nach den Jahreszeiten unzweifelhaft sind.

c. Brewster deutet auf die Annahme hin, daß sich gleich den magnetischen auch die Kälte-Pole mit den Kälte-Meridianen um den mechanischen Pol bewegen könnten [1]), wofür sich aber kein theoretischer Grund auffinden läßt; und wenn er fragt, ob der Erdkern durch die magnetischen Pole mehr Wärme als anderwärts ausstrahle, so würde das eine gleiche Rotations-Zeit von beiderlei Polen voraussetzen, die aber für die magnetischen Pole so kurz zu seyn scheint, daß man sie auf die Kälte-Pole unmöglich anwenden kann.

Viertes Kapitel: Periodische Beziehungen

zwischen den Veränderungen der Erd-Rinde, der Erd-Hülle und des Klima's.

§. 122. Perioden.

A. Eine Feststellung periodischer Beziehungen zwischen dem zeitweisen Zustand der Erdschichten und der äußeren Form der Erde, ihrer flüssigen Hülle und ihrem klimatischen Zustande würde hauptsächlich voraussetzen:

1) eine Kenntniß von der Aufeinanderfolge der neptunischen und plutonischen Erd-Schichten, welche wir von den ersten zwar genau besitzen, aber doch nur mit Hülfe von erst später zu erörternden organischen Merkmalen, — von den letzten nur im Allgemeinen haben können, da sie nur örtliche Erzeugnisse und da gleiche plutonische Gesteine zu ungleichen Zeiten u. u. gebildet worden sind (S. **294** ff.).

2) Eben so eine genaue Kenntniß ihrer Erstreckung und Mächtigkeit auf allen Punkten der Erde, wozu noch sehr lange Forschungen nöthig seyn werden.

a. So würde es uns im Ganzen nicht schwer gelingen, die Verbreitung tertiärer Gesteine in Europa u. e. a. Gegenden auf einer Karte anzugeben, selbst wenn sie von noch jüngeren Alluvionen bedeckt wären; aber sogar wenn wir diese Arbeit schon über die ganze Erde ausdehnen könnten, so beträfe sie immer nur dasjenige Drittheil, welches jetzt trockenes Land ist. — Lyell hat in seinen Schriften versucht eine solche Karte für Europa zu entwerfen. Leidlich würde dieser Versuch auch noch mit der Kreide gelingen. So hat d'Archiac [2]) bereits nachgewiesen, daß sich die Kreide in Europa in 3 von NW. nach SO. ziehende Streifen theile, „vielleicht den

---

[1]) Jahrb. *1833*, 380.
[2]) Jahrb. *1841*, 797, 798.

Isothermen früherer Zeit entsprechend“ [?]; der nördlichste geht von **Schweden** und **Dänemark**, **Polen**, **Sachsen**, **Preußen**, **Hannover**, **Westphalen** und **Belgien** nach **Podolien**, **Volhynien**, **Lithauen**, **Böhmen**, **Bessarabien**, **Ukraine**, **Simbirsk** und ganz **Süd-Rußland** nach dem **Kaukasus** und **Kaspischen Meere** und gehört, wohl mit Ausnahme einiger Bildungen in den Karpathen, der oberen oder dritten Gruppe an, welche reich ist an **Monomyen** und **Terebrateln**. Die mittle Zone geht von SW.-**England** durch N.-**Frankreich** und **Burgund** nach **Östreich** bis in die **Krimm**; sie gehört der mittlen Formations-Gruppe an, wird durch **Ammoniten** besonders bezeichnet, nimmt aber an ihrer nördlichen und südlichen Grenze auch Versteinerungen der Nachbar-Streifen auf. Der dritte und südlichste Streifen endlich reicht vom **Atlantischen Ocean** bis ans **Rothe** und **Kaspische Meer**, hat die **Rudisten** fast zu seinem ausschließenden Eigenthum, ist mit **Foraminiferen** überfüllt [1]), an **Fucoiden** reich und oft in harten Kalk verwandelt. Er geht von **Lissabon** durch **Süd-Spanien**, **Asturien**, die **Pyrenäen** und die **Corbières**, durch die Departemente **Gard**, **Vaucluse**, **Rhone-Mündungen** und **Var** gegen **Mailand** und den **Comer-See**, das **Vicentinische** und **Veronesische**, **Tyrol**, **Salzburg**, **Steiermark** und zumal die N.-Seite der **Ost-Alpen**, **Illyrien**, **Transsylvanien**, **Karpathen**, **Dalmatien**, **Albanien**, **Morea**, **Sizilien**, **Klein-Asien**, den **Libanon** und bis zum Fuße des **Sinai** und scheint sich noch zu **Constantine** in **Afrika** zu zeigen. Dieser Streifen entspricht hauptsächlich dem untern Theile der Kreide-Formation. — Und so könnte es mit der Zeit auch für die älteren, mitunter tief in den Boden hinabgesunkenen und unter mächtigen Auflagerungen verborgenen Gesteine der Oolithen- und anderen Perioden geschehen, im Verhältnisse als uns der Boden durch Beobachtungen, Bergbau, Erd-Revolutionen u. s. w. mehr aufgeschlossen werden wird.

b. Man müßte aber auch die Kriterien zu Hülfe nehmen, um zu erkennen, wo ein mangelndes Fels-Gebilde anfangs gar nicht vorhanden gewesen, und wo es später erst wieder zerstört worden seye, und wie viel davon zu Grund gegangen, um dadurch noch einen Theil der vorhin gebliebenen Lücken auszufüllen. **D'Archiac** hat [2]) Merkmale angegeben, um zu erkennen, wo die Glieder einer Formation in der Nähe ihrer jetzigen geographischen Grenze sich an einer ursprünglichen Grenze, oder an einer durch Fortwaschungen später entstandenen gebildet haben. Sie sind aber zoologischer Art. Wir glauben hier nur anführen zu müssen, daß an den natürlichen Grenzen, an ehemaligen Küsten, die einzelnen Glieder meist nicht so petrographisch scharf geschieden, weniger charakteristisch, weniger mächtig und zahlreich seyn werden, als mitten in ihrem Becken. Der ursprüngliche Mangel einer neptunischen Gebirgsart an irgend einer gegebenen Stelle beweist aber dann noch nicht, daß diese Stelle zur Zeit der Bildung der ersten außer Wasser gewesen; die

---

[1]) **Ehrenberg** im Jahrb. *1840*, 251, 252.

[2]) Jahrb. *1841*, 793.

Bildung könnte auch im Wasser unterblieben seyn wegen örtlichen Mangels zuführender Ströme, wegen zu großer Entlegenheit von der Küste mitten in einem Ozean, wegen Mangels Kalk-haltiger Quellen am See-Grunde, u. s. w.

c. Man müßte die Gesteine auch in ihren Metamorphosen und Transmutationen vollständig wieder zu erkennen suchen, was bei den ältesten Gesteinen am häufigsten nöthig und am schwierigsten ist.

d. Eine vierte Schwierigkeit sind aber noch die Länge der einzelnen Perioden selbst, die Unstetigkeit der Dinge und die großen Veränderungen in Form und Ausdehnung der Meere und Küsten während der Dauer einer jeden einzelnen Periode. Welche ganz andre Verbreitung z. B. haben die untern gegen die mitteln und die obern Tertiär- und Kreide-Bildungen besessen! Aber man ist zu sehr gewöhnt gewesen, jede Periode als etwas Abgeschlossenes und in ihrer Dauer doch im Ganzen Stetiges zu betrachten.

3) eine Kenntniß von der jederzeitigen Ausdehnung jener Schichten unter und der über dem Meere, so wie der Erhebungs-Stufe derselben, was wir eben in Folge jener Forschungen (2), mit Ausnahme dieses letzten Punktes, mit der Zeit theils aus der Natur der Gesteins-Arten, aus ihrer Oberfläche und ihren Einschlüssen, theils aus ihrer Überlagerung zu erfahren hoffen dürfen.

a. Verbindet man die vorhin erlangten Erfahrungen über die anfängliche Unterbrechung mariner Schichten mit den Beobachtungen über die Anzeigen damaligen Gehobenseyns der Stelle oder späterer Hebung und Senkung derselben, wofür die Schichten-Stellung, die gleichförmige oder ungleichförmige und übergreifende Überlagerungs-Weise die besten Mittel bietet, wozu aber auch noch manche andre, wie Anzeigen alter Felsen-Gestade und Sand-Dünen am Rande jetzt trockener vom Gebirge umgebener Ebenen, alte Fluß-Anschüttungen, Reste ehemaliger Dammerde-Schichten u. dgl. gesellt werden können; so wird man auch mehr und mehr dahin gelangen, den jederzeitigen Anfang und das Relief des trockenen Landes gegen das Wasser kennen zu lernen, wenn gleich in dieser Beziehung unser Wissen immer nur höchst unbedeutend bleiben kann. — Niederschläge, welche sich während der Hebung eines Beckens über ältere ablagern, werden deren höchsten Punkt am Rande u. s. w. nicht mehr erreichen; solche aber, die sich während einer Senkung bilden, werden über diese Punkte immer weiter hinausreichen; jene werden sich **zurückbleibend**, diese **übergreifend lagern**, gleichförmig oder ungleichförmig.

b. Inzwischen ließe sich doch auch schon jetzt Vieles sammeln, worüber vereinzelte Beobachtungen vorliegen, wenn man unsre geognostisch-geologisch-geographische Literatur sorgfältig durchgehen wollte. Viele ehemals örtliche Zustände sind dort zum Theile schon ausdrücklich angegeben, und viele andre würden sich theils noch einzeln, theils aus der Verbindung des Bekannten herausstellen lassen. Die Zeit und der Raum für diese Schrift sind aber zu beschränkt, als daß wir mehr als einige Proben geben könnten, und selbst hier ist wieder zu erinnern, daß immer wenigstens die zuverlässige

Bestimmung der neptunischen Felsarten und ihrer Unterabtheilungen und somit auch das ganze Resultat von organischen Merkmalen abhängig ist.

So sind in Mittel-Europa manche hohe Gebirgs-Rücken aus Granit und Gneis bekannt, an deren Fuße alle jüngren Formationen absetzen und offenbar zu jeder Zeit abgesetzt haben: ihre Schichten sind am Rande in keiner Weise gestört, weder aufgerichtet, noch zerrissen, noch Fetzen-weise auf den Rücken des Gebirges emporgetragen, welches demnach vom Anfang her durch alle Perioden hindurch Insel-artig aus dem Meere geragt hat und der Mittelpunkt geworden ist, um welchen her sich die Inseln durch Auffüllung der Zwischenräume allmählich ausdehnten, bis er mit andern Inseln mehr und mehr zusammenfloß und durch Hebungen ganz abtrocknete. An der Vollständigkeit der jüngern Gebirgs-Folge, an dem gegenseitigen Niveau, zu welchem die Reihe jüngrer Formationen an dem Fuße jenes Gebirges in übergreifender oder in zurückbleibender Überlagerung ansteigt, würde man erkennen, ob jenes Gebirge plötzlich oder allmählich, ruckweise oder stetig gehoben worden ist u. s. w.

Wer einen Blick auf die Karte wirft, wird ohne weitre Forschungen schon erkennen, daß das Formations-Becken, worin Süd-England (London) und NW.-Frankreich (Paris) mit Belgien, Holland, einem Theil Westphalens und Mecklenburgs liegen, jederzeit als solches existirt hat, zuerst von der Kohlen- u. a. älteren Formationen eingeschlossen, dann durch Absetzung des bunten Sandsteins und weitre Hebung von diesem gebildet und umgrenzt wurde, hierauf nach dem Niederschlage von Jura-Bildungen, dann von Kreide und endlich von Tertiär-Gesteinen jedesmal stärker aufgefüllt, weiter verengt und höher gehoben worden ist, so daß jeder jüngre Niederschlag das Niveau des vorhergehenden am Becken-Rande nicht mehr erreichte und dieser letzte nun als Gürtel um den anderen herumzieht, von einzelnen solchen Punkten abgesehen, wo ein Gebilde entweder wegen früherer Hebung des Bodens über das Meer ausnahmsweise nicht entstanden, oder wo es wegen lokal unterbliebener Hebung nicht an die Oberfläche gelangt ist, oder wo endlich es später wieder versenkt oder zerstört wurde. Die Bohr-Versuche im Pariser Becken insbesondre am Schlachthause von Grenelle bei Paris [1]) haben bewiesen, daß der Grünsand, welcher in den Seine- und Marne-Thälern im SO. von Paris, zu Lusigny u. a. O. als Rand des Kreide-Beckens in 130^m Seehöhe zu Tage geht, auch zu Grenelle, wenn schon erst in 517^m unter dem Meeres-Spiegel und in 548^m unter der Oberfläche den Boden des weiten Beckens bildet, welches ganz mit jüngren Kreide- und Tertiär-Bildungen ausgefüllt erscheint und durch welches später wieder das Meer den Englischen Kanal hindurchgebrochen hat. Daher die große Übereinstimmung des Unteroolithes von Dundry in S.-England und Moutiers in N.-Frankreich, die des Thones von Oxford und von Dives; daher die Beschränkung der zwischen Jura- und Kreide-Bildungen liegenden Süßwasser-Schichten auf

[1]) Jahrb. *1841*, 604.

zwei Stellen dieses Beckens in England und Hannover mit Ausschluß fast [außer den N.-Alpen] des ganzen übrigen Europa; daher die Beschränkung der alt-tertiären Niederschläge auf dieses Becken in S.-England, NW.-Frankreich, Belgien und Mecklenburg ebenfalls mit Ausschluß fast [außer den S.-Alpen] des ganzen übrigen Europa.

Die Gesteins- und Relief-Bildung des Neuchateler Jura kann nach Montmollin's [1]) Ansicht nur auf folgende Art erklärt werden: „Anfangs bestund er aus mehren parallelen niedrigen gewölbten Jura-kalk-Ketten, welche durch eindringende Meeres-Arme getrennt wurden, aus denen sich das Neocomien mit seinen Fossil-Resten absetzte; am Ende der Sekundär-Epoche wurde ein Theil dieser Küsten-Strecken emporgehoben, ein andrer weit größerer sank tiefer ein und wurde von Molasse bedeckt. Darauf stieg der ganze Jura mächtig empor, die meisten jener Thäler wurden Höhen-Thäler, die Schichten richteten sich auf, die Berge barsten, tiefe Schluchten entstunden und waren von steilen Abstürzen eingefaßt. Als endlich die Alpen-Kette emporgehoben wurde, erfuhr der Jura neue Erschütterungen und Zerreißungen" u. s. w.

Rozet [2]) weiset nach, wie die Kette aus plutonischen Feldspath-Gesteinen bei Lyon, welche zwischen der Loire einerseits und der Rhone und Saone andrerseits vom Mont Pilat bis zu den Höhen von Semur en Auxois zieht, zur Zeit des Niederschlags des Bunten Sandsteins noch unter dem Meere war, worin sich jener absetzte; daher die Kette bei ihrem Ansteigen Fetzen desselben bis zu den höchsten Spitzen mit sich emportrug. Aber diese ragte bereits in Form einiger aneinandergereihter Inseln aus dem Meere empor, welches sich bis zur W.-Seite der Alpen erstreckte, als die Jura-Bildungen sich absetzten, daher nur bis zur Seehöhe von 440m an, zwischen und über jener Kette hinanreichen. Da aber Kreide- und Tertiär-Bildungen zweifelsohne nach weitrer Hebung des Bodens den Zwischenraum bis zu den Alpen ausfüllten, so blieben an den Abhängen beider Ketten die Oolithe nur in Form schmaler Bänder sichtbar, in welchen die Glieder von beiden Gebirgen aus gegen den Zwischenraum hin in gleicher Ordnung auf einanderfolgen; — und am Ende der Tertiär-Zeit lag um jene Kette der ganze Boden bis auf eine Reihe von See'n und Sümpfen in den zwei sie einschließenden Hauptthälern trocken, welche sich dann allmählich durch Alluvionen und Quellen-Absätze ausfüllten.

4) eine Kenntniß der klimatischen Wirkungen der Atmosphäre auf die jedesmalige Oberfläche; welche Wirkungen wir aber hauptsächlich nur aus den Resten der gleichzeitigen Lebenwelt erkennen werden.

B. Daraus folgt nun, daß, wenn wir auch die genaue Angabe der Reihenfolge der Schicht-Gesteine aus dem folgenden

[1]) Jahrb. *1837*, 81.
[2]) *Mém. soc. géol. 1840,* IV, 53—152, Tf. v.

Theile entlehnen, unsre Erfahrungen über die unter **2** und **3** angegebenen Bedingnissen noch immer zu örtlich, zu sehr auf das mittle Europa beschränkt und selbst hier noch sehr ferne von einiger Vollständigkeit sind; während wir über die andern Welt-Gegenden in dieser Beziehung fast noch so gut wie nichts wissen. Aber die in den organischen Resten uns aufbewahrten Denkmäler klimatischer Zustände wird uns ebenfalls wieder der folgende Theil erst enträthseln lehren. Bei dem nun oft sehr zusammengesetzten und in große Ferne wirkenden Einflusse örtlicher Beschaffenheiten können wir aus dem wenigen Bekannten uns nur sehr ungenügende Bilder über frühere Zustände entwerfen.

C. Während es daher bei dem Mangel den Felsarten unmittelbar anklebender genauerer Alters-Merkmale (ohne die organischen Reste) noch kaum möglich seyn würde, sich von der Gleichzeitigkeit, Dauer und Aufeinanderfolge der mit ihrer Entstehung über die ganze Erd-Oberfläche hin verbundenen Erscheinungen einige Rechenschaft zu geben, ist dieß mit der vergänglichsten aller Felsarten, mit dem **Eise**, weniger der Fall. Ihre Bildung war der Theorie gemäß auf das Ende der geologischen Periode, ans Ende des Abkühlungs-Prozesses der Erde verwiesen. Von ihr hinterlassene unzweideutige Spuren lehren uns aber, daß diese Felsart, wie so manche andre, vordem eine größre Ausdehnung, ein größres Bildungs-Feld besessen, daß mithin die Erd-Oberfläche einst an vielen Orten noch kälter gewesen seyn müsse, als sogar jetzt, und daß Schnee und Eis mithin auf andre Erscheinungen rückwirken konnten, wo es jetzt nicht mehr der Fall ist: „**Eis-Zeit**“. Schnee und Eis konnten sich erst von der späten Zeit an bilden, wo die Temperatur der Atmosphäre örtlich unter 0° zu sinken begann; bleibende, „ewige“ Schnee- und Eis-Massen erst dann, als die Sommer-Wärme nicht mehr hinreichte, die im Winter gebildeten Massen wieder wegzuschmelzen, wodurch sich aber keineswegs eine Abwägung zwischen Sommer-Wärme und Winter-Kälte ausspricht. Denn die Bildung der Schnee- und Eis-Menge hängt ab a) von der Dauer (nicht Höhe) des Winter-Frostes und b) von der Summe der atmosphärischen Niederschläge während desselben; das Wegschmelzen aber hängt ab von der Dauer und von der Höhe der Sommer-Wärme. Wo aber einmal die Schnee- und Eis-Menge so groß geworden, daß sie mehr oder weniger weit in den Sommer

hinein oder sogar das ganze Jahr hindurch liegen bleibt und mithin im Sommer schmilzt, da bindet sie einen Theil der der Gegend zukommenden Sommer-Wärme im Eis-Wasser, drücket die lokale Sommer-Temperatur herab und bedinget nothwendig das weitre Umsichgreifen jener Anhäufungen, mithin auch ein weitres Umsichgreifen der Temperatur-Erniedrigung (S. **170**, **408**).

Jene, die ursprüngliche, Temperatur-Erniedrigung begann aber von den Polen aus gegen den Äquator, von den Berghöhen gegen die Ebene herab vorzuschreiten, gerade da, wo wir noch jetzt die kälteste Temperatur, die größten Schnee- und Eis-Massen treffen, und gerade so wie wir solche noch jetzt jeden Winter voranschreiten sehen; und wir würden nach der einfachen Abkühlungs-Theorie der Erde annehmen müssen, daß sie jetzt noch immer im Voranschreiten begriffen seye, oder daß sie ihre äußerste Grenze bereits erreicht hätte. Wir finden aber nach Venetz', Charpentier's, Agassiz' u. A. Beobachtungen die untrüglichen Anzeigen einer früheren Existenz derselben: die Schliff-Flächen, die Furchen (Schrammen oder Rinnern), Ritzen, Seiten-Moränen und Gletscher-Wälle mit Aushöhlungen von Wasserstürzen der Gletscherbäche (Felsbecken) u. s. w. (**I**, **169—174**), in denjenigen Gebirgen, welche noch jetzt mit ewigem Schnee und Eis bedeckt sind, viel weiter in den Thälern herab und die Wälle sogar bis in die Ebenen hervor reichen, wo sie jedoch wegen der ungehemmteren Ausbreitung des Gletschers nicht so scharf begrenzt bleiben konnten, sondern mitunter in Form „umhergestreuter Blöcke“ erscheinen müssen; wir finden sie aber sogar auch in Gebirgen und Gegenden, wo jetzt gar keine bleibenden Schnee- und Eis-Massen mehr anzutreffen sind. Nach diesen Erscheinungen zu schließen, haben einst die Gletscher in einer Mächtigkeit bis von mehren Tausend Fußen durch alle Thäler der Alpen bis an ihre Mündungen herab in die Lombardei, ja über die ganze breite Vertiefung zwischen den Alpen und dem Jura und selbst noch bis zu beträchtlicher Höhe an diesem hinauf gereicht und zerstreute Blöcke der alpinen Felsarten, welche dem Jura gänzlich fremd sind, in der Weise hier abgelagert, daß der Ausmündung jedes größeren Alpen-Thales gegenüber immer die in dem Thale vorhandenen Gesteine wieder gefunden werden; eigne Gletscher sind auf den Höhen des Jura selbst, sind in den Vogesen, sind im Schwarzwalde bei Baden-Baden, sind durch den

ganzen gebirgigen Theil Groß-Britanniens und Irlands und nach Tschudi in großer Ausdehnung auch in den Anden Süd-Amerika's unterhalb der jetzigen Schnee-Grenze in einer Region von 3000′ Höhe vorhanden gewesen, und Schliff-Flächen mit Schrammen sind auch in ziemlich niedrigen Gegenden Nord-Amerika's [1]), in den Gebirgen Skandinaviens [2]) und Finnlands [3]), wie endlich „zerstreute Blöcke" durch ganz Nord-Europa, Nord-Asien und Nord- und Süd-Amerika [4]) bis zu den Breiten des 40.°, ja sogar auf der Nord-Küste Afrika's verbreitet [5]). Wenn es aber in der That nicht möglich seyn möchte, die einstige Anwesenheit ungeheurer Gletscher-Massen in der Schweitz und die Gletscher in Jura, Vogesen, Schwarzwald, Großbritannien und vielleicht Süd-Amerika zu läugnen, so bedürfen einige der andern Erscheinungen doch zuerst noch einer näheren Prüfung, ehe man sie in gleiche Kategorie setzt, und müssen die übrigen, wenn schon in Verbindung mit jenen, doch auf eine verschiedene Weise erklärt werden. In Nord-Amerika bleiben nämlich noch die Beziehungen zwischen den Schliff-Flächen und den Gebirgs-Höhen und zerstreuten Blöcken zu erforschen. Was Skandinavien betrifft, so sind die wichtigsten Verhältnisse auf Taf. VII dargestellt worden. Die Schliff-Flächen finden sich hier überall nur auf einer Seite der Berge, der sog. Stoß-Seite, welche nur in größern Entfernungen allmählich ändert, und alle Schrammen darauf zeigen, so viel deren bekannt sind, wie die Pfeile der Karte angeben (durch welche die Richtung in gegen 1000 Beobachtungs-Fällen ausgedrückt werden soll), überall einen gewissen Parallelismus, welcher auf dieselbe Weise abändert, so nämlich, daß im Großen genommen alle Strahlenartig von einem Mittelpunkte auszugehen scheinen, der in dem auf der Grenze Norwegens und Schwedens herabziehenden Kjölen-Gebirge zu suchen wäre. Von hier gehen sie südwärts durch

[1]) Dewey im Jahrb. *1840*, 617.
[2]) Sefström in Poggendorff's Annal. *1838*, XLIII, 533—567.
[3]) Böhtlingk im Jahrb. *1839*, 726 ff.; *1840*, 615, 717 ff.; ***Bullet. Acad. St. Petersb. 1840***, VIII, 162.
[4]) Bayfield im Jahrb. *1839*, 214; Chipman das. *1834*, 689.
[5]) Nachweisungen über das Phänomen zerstreuter Blöcke siehe im Jahrb. *1830*, 343, 347; *1832*, 1, 257, 369, 439, 441, 442; *1833*, 319, 455; *1834*, 239, 322; *1835*, 209, 376, 690, 712 zweimal; *1836*, 230, 400, 445; *1838*, 136, 195, 269 ff.

Schoonen, ostwärts nach Finnland und nordwärts durch Lappland. Nie finden sich Schliffe und Schrammen (in entgegengesetzter Richtung) auf entgegengesetzten Seiten eines Berges, wie das bei Gletschern oft vorkommen muß. Ihre Richtung ist nicht, wie bei diesen, von der der Abhänge der Gebirge bedingt: sie gehet über die tiefsten Thäler und die höchsten Berge ihres Bereiches in gleicher Flucht hinweg, und auf den seitlichen Abhängen einer in ihrem Wege liegenden Anhöhe werden nur die diese Abhänge ohnedieß streifenden Schrammen um höchstens 2—3 Stunden des Kompasses von ihrer Richtung zur Seite gelenkt, um sich hinter der Anhöhe wieder von beiden Seiten her einander zu nähern. Sie gehen daher zwar im Allgemeinen in der Richtung der auf dem Kjölen entspringenden Fluß-Thäler, jedoch ohne sich sehr nach deren Krümmungen zu richten. Aber selbst in der Nähe des hohen Snöhättan an Stellen, wo dem Gefälle gemäß die Furchen in SO. ziehen müßten, sah sie Sefström rechtwinkelig auf diese Richtung in SW. gehen. Während sie daher in den nur 145′ hohen Thälern des Wetter- und Wener-See's fortziehen, müssen sie zwischen beiden über queer vorliegende Berge von 1000′—1200′ Seehöhe hinweggehen; sogar an den freien Höhen von Krogkleven in Süd-Norwegen sieht man sie bergan ziehen, wie dieß wieder in den niedrigen Thälern und Buchten der Ost-Küste bei Gefle und zumal in allen vom Bothnischen Meerbusen auf das 700′ hohe Tiefländische Plateau hinaufziehenden Thälern der Fall ist, wo man sie noch 13 Längen-Grade weit ostwärts verfolgt hat. Will man dennoch das Kjölen-Gebirge selbst als die Höhe betrachten, von welcher die Gletscher Strahlen-artig herabsinkend jene Felsen geglättet, jene Schrammen eingefurcht hätten, so ist zu berücksichtigen, daß es nur wenige Höhen von 5000′—7000′ über dem Meere besitzt; daß nach Sefström diese beträchtlichen Höhen, wie namentlich zwischen Norwegen und Herjeådalen und Dalarne in Schweden, ohne Spur von Glättung und Furchung und überall in scharfkantige noch an ihrer Stelle liegende Fels-Stücke zerfallen sind; daß die höchsten Furchen, zu Särna in Dalarne, erst in 1500′ Seehöhe und 800′ über dem umgebenden Hochlande, bei Fahlun in 1325′ u. a. a. O. von 1200′ — 1000′ Seehöhe an abwärts vorkommen. Will man daher Gletscher von ihrer Sohle im Kjölen-Gebirge aus über Finnland hinweggleiten und selbst die

bergangehende Richtung in den Finnischen Thälern ganz unbeachtet lassen, so ist nicht abzusehen, welchen Einfluß ein Gefälle von (1500—700) = 800' für eine Strecke von 150—180 geogr. Meilen oder nach erstem Ansatze 4.320.000', welchen Einfluß mithin ein Gesammt-Gefälle von 0,00002 auf die Richtung noch haben könne, in welcher ein Gletscher sich ausdehnt. Noch mehr Bedenken ergeben sich aber, wenn man mit Agassiz noch gar die zerstreuten Blöcke Nord-Europa's auf den Rücken dieser nämlichen Gletscher an ihre jetzigen Lagerstellen gelangen lassen will. Ihre Ablagerungs-Grenze ist auf derselben Karte mit angegeben worden; dieselbe scheint schon auf den ersten Blick Skandinavien oder vielmehr Finnland wie ein Gürtel in großer Ferne zu umgeben, wie das nähere Studium der Felsarten sowohl als der eingeschlossenen Petrefakte in diesen Blöcken auf eine im Jura analog beobachtete Weise (S. 438) nachgewiesen hat, daß solche überall den gegenüberliegenden Gebirgen Skandinaviens und Finnlands entstammen, so wie auf der Karte die einzelnen, durch größre Pfeile getrennten Strecken jenes Gürtels und die Richtung dieser Pfeile es anzeigen. Hätten aber auch alle diese Blöcke von den 7000' Seehöhe, welche in Skandinavien der einzige Snöhättan in NW. von Christiania, in 62½° Br., zu besitzen scheint, noch auf den Rücken jener Gletscher gelangen können, um auf demselben nach den nächsten Stellen des Gürtels zu wandern, und wäre dieser an solchen Stellen überall im Meeres-Niveau gelegen, so würde sich auch dieses Gefälle in südlichen Richtungen immer auf nur 0,0016, in östlicher Richtung auf noch weniger reduziren, was keine Bewegung der Blöcke bestimmen kann. (Von den Alpen nach dem Jura beträgt es nach Agassiz [1]) wohl 0,03.)

Wie es daher auf der einen Seite nicht möglich ist, die Blöcke Nord-Europa's durch die Thätigkeit der Gletscher umherstreuen zu lassen, so bietet sich auf der andern Seite von selbst ein Agens dar, welches auf den Binnengewässern ganz Skandinaviens, Finnlands und Nord-Amerika's, in der Ostsee wie im Atlantischen Ozean bis in die Breite der Azoren und des Atlas herunter noch jetzt mit deren Zerstreuung beschäftiget ist: es sind die im

---

[1]) Gletscher 297.

Winter gebildeten und theils am Grunde mit größeren und kleineren Felsblöcken zusammengefrorenen, oder von oben her durch Steine bedeckten, bei eintretendem Thauwetter aber zerbrochenen, emporgehobenen und von Flüssen und See-Strömungen fortgeführten Eis-Massen des Nordens (S. 175), welche dann beim Schmelzen theils auf ihren Wegen und theils da, wo Wind und Strom am Ufer und in Buchten oder auf überschwemmten Ebenen sie zusammentreiben, auch eine größere Masse solcher Materialien anhäufen. Ist es eine Ebene, sind es allmählich ansteigende Ufer, so werden diese Blöcke je nach dem Tiefgange der Eis-Massen, der ihnen nicht allen erlaubt, dieselbe Stelle zu erreichen, zwar dicht vielleicht aber ordnungslos zu liegen kommen; ist es ein aus der Tiefe steil emporsteigendes Ufer, so werden sie in Form von Mauern und Wällen sich an demselben ansammeln; sind es Terrassen, gebildet durch das zeitweise lange Verharren des Wasserstandes in verschiedenen Höhen, so legen sich auch die Blöcke Terrassen-artig übereinander, wie man alles dieß nach Böhtlingk [1]) noch jetzt in Finnland und Lappland beobachtet. Es bleibt noch künftigen Zeiten die Untersuchung überlassen, ob nicht auch diese schwimmenden Eisberge an der Glättung und Furchung der Fels-Flächen mit Antheil genommen haben. — Ist nun auch im Norden Europa's, ist insbesondere in Britannien, in den Alpen der Schweitz, in den Vogesen und im Schwarzwalde, wie in den Anden Süd-Amerika's die jetzige Temperatur nicht geeignet, die früheren Vorgänge daselbst zu erklären, so wird es doch geschehen können durch die Annahme, daß 1) jene Anzeigen niedrigerer Temperaturen, wenn schon alle in die letzte Periode der Eis-Bildung fallend, doch nicht ganz gleichzeitigen Ursprungs sind, sondern während der ungeheuren Länge dieser Periode allmählich und zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten, vielleicht in Verbindung mit sekulären Schwankungen (S. 426) entstunden; 2) daß ein periodischer Wechsel örtlicher Einflüsse, wie sie S. 430 zusammengestellt worden und welche nach Tafel VI so mächtig sind, daß sie z. B. jetzt die 0 Isotherme zweimal in N.-Amerika und einmal in Asien bis in die Breite der N.-Küste Deutschlands herabdrängen, die erforderliche Temperatur-Erniedrigung an allen genannten Orten der Reihe nach bewirkte;

[1]) a. a. O.

3) daß ähnliche Einflüsse die winterlichen Dunst-Niederschläge an diesen Orten vermehrten (S. 404, 407). An beiden Erscheinungen könnte in der Schweiz namentlich die Emporhebung der Alpen, welche der Eis-Anhäufung unmittelbar vorhergegangen seyn muß, bis in ein höheres Niveau, als ihr heutiges ist, und das sie durch Zusammenziehung in Folge der Abkühlung, wie die Anden (I, 272, 273) theilweise wieder eingebüßt hätten, mitgewirkt haben, was auch Charpentier annimmt. Endlich muß 4) der ganze Theil von N.-Europa und -Asien, über welchen die Skandinavischen Felsblöcke jetzt ausgestreut sind, zur Zeit ihrer Umherstreuung noch von Meer und Landsee'n bedeckt gewesen seyn, wie man in der That in diesen Gegenden manche jugendlich tertiäre Meeres-Bildungen trifft und nach Lyell insbesondre in der Nähe von Stockholm die Skandinavischen Felsblöcke auf Sand und Geröll-Massen mit Meeres-Konchylien noch lebender Arten ruhen, nach Forchhammer [1]) aber in Dänemark damit wechsellagern. — Wegen der von den organischen Wesen hergenommenen Argumente für eine frühere Eiszeit muß ich auf einen spätern Theil dieser Schrift und einstweilen auf meine umfassendre Abhandlung über das Ganze [2]) verweisen. Sollten aber auch diese Annahmen endlich nicht ausreichend befunden werden, indem vielleicht mit der Zeit nachgewiesen werden könnte, daß alle obigen Erscheinungen allerwärts wirklich ziemlich gleichzeitig erfolgt seyen, sollte es in Folge genauerer Beobachtungen an Ort und Stelle sogar gelingen, alle oben aufgestellten Einwände hinsichtlich des großen Skandinavischen Gletschers aufzuklären und zu beseitigen, so würden daraus noch immer keine undulirenden Fortschritte der Abkühlung der Erde an und für sich folgen, als wofür sich nirgend ein Grund auffinden läßt, noch die Hypothese Renoir's [3]) an Haltbarkeit gewinnen, sondern etwa vielleicht die Bewegung des ganzen Sonnen-Systems durch bald kältre und bald wärmre Welt-Räume (wie Poisson für die frühere Erde allein will) folgen, worüber uns vielleicht schon nach einigen Jahrzehnten die begonnenen astronomischen Beobachtungen Aufklärung gewähren können.

---

[1]) Jahrb. *1842*, 243.
[2]) Jahrb. *1842*, 56—88.
[3]) Jahrb. *1841*, 261.

D. Finden die zerstreuten Blöcke im Vorhergehenden ihre Deutung, so bleibt zu Begründung einer noch jetzt so oft angenommenen allgemeinen **Diluvial-Fluth** am Ende der geologischen Zeit kaum mehr Etwas übrig.

§. 123. Länge der geologischen Periode.

A. Die geologischen Verhältnisse unserer Erd-Rinde bieten uns nicht, wie die astronomischen (S. 41—48 und 61), die Mittel zu genauerer Berechnung der zu ihrer Vollendung nöthigen Zeitdauer dar, wenn schon Alles auf ungeheure Zeiträume hinzuweisen scheint.

B. Die Berechnungen Laplace's, Fourier's, Arago's und Littrow's haben uns nur ein negatives Ergebniß geboten und gezeigt, daß die Abkühlung und Zusammenziehung der Erde in den letzten Jahrtausenden schon fast unmeßbar klein, ihre Temperatur schon fast stationär gewesen seye (S. 77 ff., 81). Was wir daher von Beweisen meßbarer Temperatur-Veränderungen gewahren, kann nur örtlich oder periodisch seyn, oder muß einer verhältnißmäßig ältern oder mächtig langen Periode entsprechen. Daß es aber schwer seyn würde, aus bloß geologischen Merkmalen bestimmte Temperatur-Verhältnisse mit gewissen geologischen Erscheinungen in Parallele zu setzen, ist schon im vorigen §. gezeigt worden.

C. Die Mächtigkeit der einzelnen neptunischen Formationen, die Höhe der Hebung unsrer Kontinente und Gebirge, die Ausbildung ehemaliger und nun gehobener Küsten-Terrassen, der Betrag der Wiederzerstörung einst vorhanden gewesener Schichten-Massen u. s. w. könnten uns nur in soferne Mittel ungefährer Berechnungen werden, als wir dabei voraussetzen dürften, daß die neptunische wie plutonische Thätigkeit jederzeit die nämliche Ausdehnung und Kraft besessen, wie jetzt. Inzwischen dürfen wir wohl annehmen, daß die plutonischen Kräfte mit zunehmender Dicke der Erd-Rinde ab-, die neptunischen oder atmosphärischen (§§. 112—121) und zwar hauptsächlich mechanischen mit der Höhe der Gebirge und Ausdehnung der Kontinente zu-genommen haben, wenn schon mit der Abkühlung der Erde die Quellen auch kühler und weniger mineralisch, die Luft trockner und die Regen weniger heftig geworden seyn müssen.

a. Welche lange Zeiträume sogar für die Abkühlung und Zusammenziehung lokaler Ausbrüche plutonischer Gesteine erforderlich, erhellt aus S. 272—273.

b. Was die neptunischen Formationen betrifft, so würde man durch Aufsuchung der Fälle, wo diese oder jene Formation ihre größte Mächtigkeit besitzt, zu ungeheuren Resultaten kommen, was uns aber der Wahrheit nicht näher bringen würde, da örtliche Erscheinungen nicht als Maasstab für das Allgemeine dienen können. Vielleicht genügt es daher, wenn man die Dicke der neptunischen Erdrinde unter Berücksichtigung der allerwärts wieder zerstörten Formations-Theile auf 1 Meile annimmt, wenn gleich eine solche stellenweise gar nicht vorhanden ist oder nicht zu seyn scheint.

Auf der Insel Wight haben London- und plastischer Thon, die doch nur Glieder des unteren Tertiär-Gebildes ausmachen, eine Mächtigkeit von 2625′ Engl. [1]) u. s. w.

Die SS. 142—201 angeführten Beispiele können viele Belege über die Zeit liefern, welche bei jetziger Stärke neptunischer Kräfte zur Bildung jener Gestein-Lager nöthig seyn würden. Man muß sich aber erinnern, daß da, wo Glieder neptunischer Gebilde wieder zerstört worden sind, nicht allein Zeit zu ihrer Bildung, sondern auch zu ihrer Zerstörung nöthig gewesen ist.

Einige Versuche zu theilweisen Berechnungen haben wir S. 205 erzählt.

d. Die Beispiele von neuen Hebungen einzelner Berge und ganzer Länder auf SS. 286 und 255 ff. können mitunter Maasstäbe für die Zeit zur ganzen Hebung unserer Kontinente u. s. w. liefern, wobei man sich ebenfalls erinnern muß, daß diese letzten theils bis zum Absatze der jüngsten Tertiär-Bildungen, wovon sie bedeckt sind, unter Wasser geblieben, oder zeitweise emporgestiegen und wieder niedergesunken sind, so daß sie nicht die ganze Reihen-Folge neptunischer Gesteine in sich aufnehmen konnten; daß daher die Hebung der Haupt-Masse unserer Kontinente vom Meeres-Spiegel an bis zu ihrer jetzigen Höhe, wie lange sie auch gewährt haben mag, doch nur auf die verhältnißmäßig kurze Zeit nach Entstehung der letzten Tertiär-Gesteine beschränkt war.

Einen Nachtrag zu den Berechnungen über die Hebung **Skandinaviens** findet man im Jahrbuch [2]).

Aus den erwähnten Beispielen scheint sich zu ergeben, daß die langsamen Kontinental-Hebungen, da wo sie fortdauern oder periodisch eintreten, durchschnittlich nur wenige Fuße ($\frac{1}{4}'$—$1'$—$1\frac{1}{2}'$) aufs Jahrhundert betragen, während steile Gebirgs-Ketten und ihre nächsten Umgebungen auf den vorigen rasch emporsteigen.

e. Mit den Kontinenten werden aber auch oft alte Hoch-Gestade, ausgewaschen durch einige Jahrhunderte lang fortgesetzte Brandung, mitemporgehoben, welche nicht selten sogar treppenförmig zu mehren übereinander

[1]) **Bowerbank** im Jahrb. *1841*, 709. — [2]) Jahrb. *1840*, 617.

liegen und beweisen, daß zwischen den einzelnen Stufen-weisen Hebungen wieder stationäre Zustände eingetreten gewesen seyen von einer sehr langen Dauer.

Solche kommen vor bei Pozzuoli (S. 264), an der West-Seite S.-Amerika's (S. 261—262), in Schottland (S. 259). Ungefähr 30′—40′ hoch an den Schottischen Küsten sieht man nach Mac Culloch eine Reihe von emporgehobenen, die See-Küsten charakterisirenden Terrassen, welche durch ihre Größe verglichen mit der neueren Wirksamkeit des Meeres einen See-Spiegel andeuten, der in diesem Niveau viel länger verweilt haben muß, als der gegenwärtige, so daß von seiner Zeitdauer 2000 Jahre nur einen unbeträchtlichen Theil ausmachten. Zwischen dieser großen Terrasse und dem jetzigen Strande gibt es aber noch mehre kleinere. Jetzt hat sich eine in 2—3 Faden Tiefe unter Tiefwasserstand gebildet. Im nördlichen Ayrshire und an den gegenüberliegenden Inseln Groß- und Klein-Cumbra bildete eben so die frühere Bewegung des Meeres eine herrliche Reihe Küsten-Wände bis von 300′ in grobem rothem Sandstein und Konglomerat. Ähnliche Terrassen sieht man in mehr oder minder beträchtlicher Höhe sowohl, als am jetzigen Strande auf den Inseln Jura, Mull und Isla [1]).

f. In Beziehung auf die neuesten Veränderungen der Erd-Oberfläche und insbesondre der Schweitz sagte Studer kürzlich: Ich überzeuge mich immer mehr, je öfter ich die ganze Reihe von Ereignissen bedenke, welche der Tertiär-Zeit gefolgt sind: die Aufrichtung und Hebung der Molasse-Lager und das Wegschieben der Kalk-Gebirge über dieselben, die Erosion der Molasse-Thäler, den wiederholt veränderten Lauf der Ströme, die Überlagerung unsrer Thal-Gründe mit oft 60′ mächtigen, roh geschichteten Kies-Massen, die Verbreitung großer Alpen-Geschiebe, das tiefe Eingraben der jetzigen Ströme durch die Kies-Ablagerungen bis in die Molasse hinunter, und je mehr ich die Zeiträume zu schätzen suche, die jedes dieser Ereignisse für sich allein verlangt, dann endlich erwäge, daß in den letzten zweitausend Jahren die Veränderung unsrer Boden-Gestaltung beinahe unmerkbar ist; desto mehr komme ich zur Überzeugung, daß unsre sogenannte historische Zeit im Verhältnisse zur diluvialen beinahe verschwindend kurz gedacht werden müsse [2]).

§. 124. Periodisches Verhalten zur organischen Schöpfung.

A. Erst nachdem die Temperatur der Erd-Oberfläche auf eine gewisse Stufe herabgesunken und Luft und Meer eine gewisse Mischung angenommen, war die Erde geeignet der Wohnort von Pflanzen und Thieren zu werden.

---

[1]) M'Culloch, *Western Islands* II, 480 — Jahrb. *1839*, 218.
[2]) Jahrb. *1841*, 675.

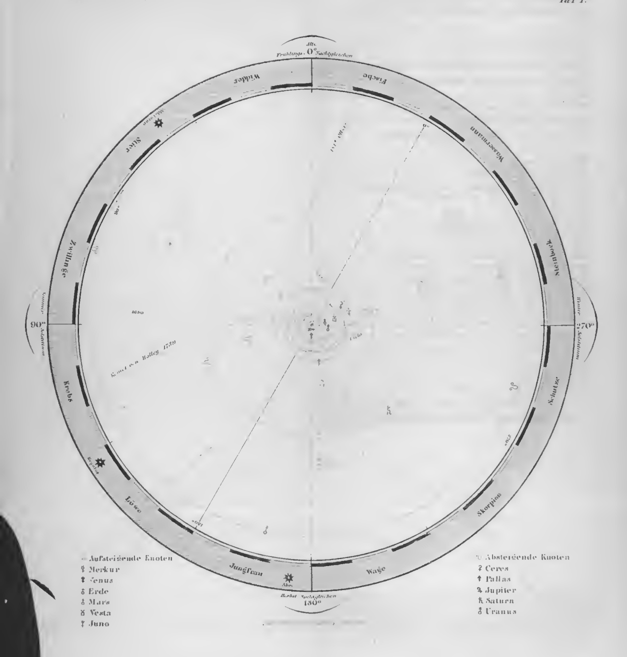
B. In dem Verhältnisse als die Temperatur weiter herabsank und die Mischungen sich weiter änderten, wurden sie wieder für andre Lebenwesen geeignet.

C. Je manchfaltiger in Folge der seit §. 112 bezeichneten Veränderungen die Beschaffenheit des Bodens, der Gewässer und des Klima's an verschiedenen Stellen der Erd-Oberfläche wurden, einer desto manchfaltigern Beschaffenheit von Pflanzen und Thieren konnten sie auch genügen.

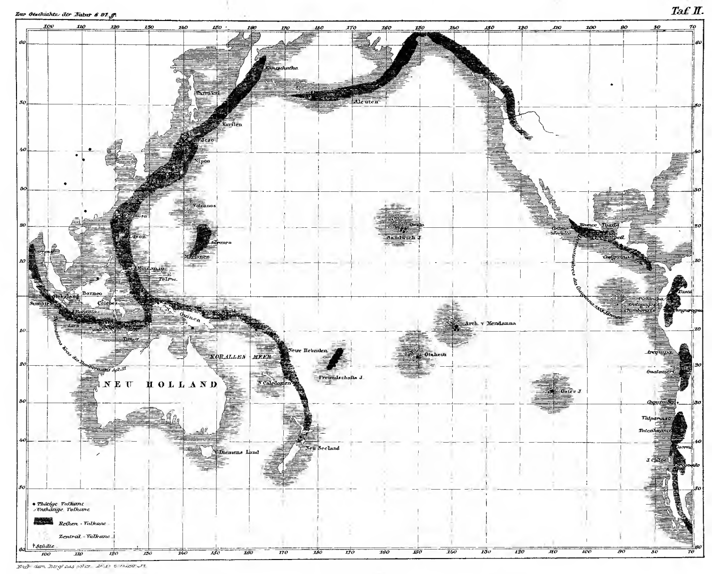
D. Und da die Existenz gewisser Pflanzen und Thiere wieder von der gewisser anderen abhängig ist, so wurde jene Wirkung in ihren Folgen eine sehr zusammengesetzte.

Wesentlichere Druckfehler.

Seite	Zeile				
15,	6	v. u.	statt „Jahren"	lies	„Jahre".
21,	1	v. o.	„ „in"	„	„von".
34,	7	v. o.	„ „indem"	„	„indem im ersten Falle".
76,	19	v. u.	„ „in die"	„	„in der".
80,	18	v. o.	„ „ein"	„	„kein".
90,	13	v. u.	nach „Arten"	„	„(S. 69, E)".
97,	1	v. o.	statt „da Kohlensäure"	„	„die Kohlensäure".
114,	9	v. o.	„ „§. 65"	„	„§. 56".
134,	1	v. u.	„ „Göpel"	„	„Göbel".
138,	20	v. o.	„ „0,15" und „0,45"	„	„0,015" und „0,045 bis 0,070".
143,	13	v. o.	„ „Zusammensetzung"	„	„Zusammenziehung".
148,	3	v. u.	„ „Geä, Heidelb."	„	„*Gaea Heidelb.*"
175,	9	v. u.	„ „a."	„	„b."
177,	18	v. u.	„ „fällt"	„	„fällt".
233,	17	v. o.	„ „§. 60"	„	„§. 50".
311,	2	v. o.	ist „Diorite," zu streichen.		

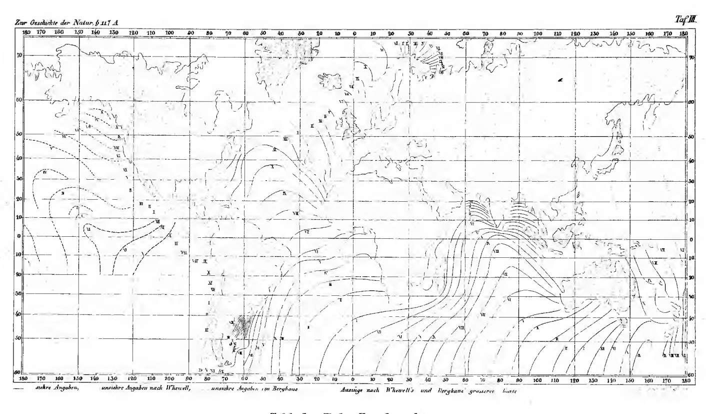


Frühlings- 0° Nachtgleichen
Widder
Fische
Stier
Wassermann
Zwillinge
Steinbock
90°
270°
Krebs
Schütze
Löwe
Skorpion
Jungfrau
Wage
Herbst Nachtgleichen
180°
Komet von Halley 1759
Aufsteigende Knoten
Merkur
Venus
Erde
Mars
Vesta
Juno
Absteigende Knoten
Ceres
Pallas
Jupiter
Saturn
Uranus



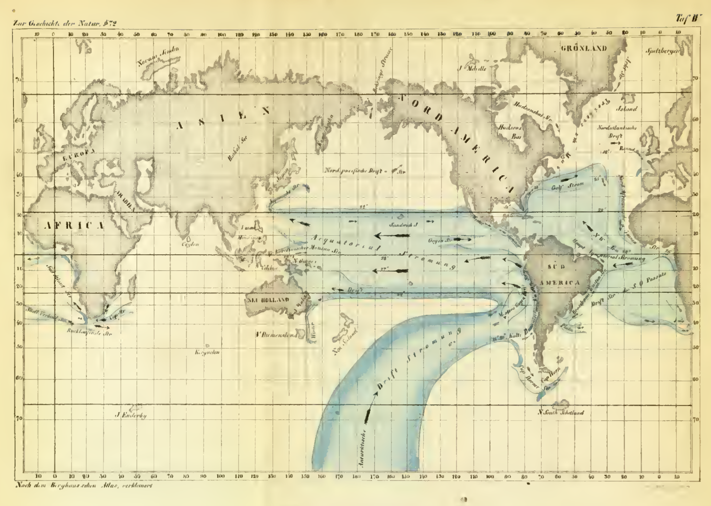
Karte der Reihen- und Zentral-Vulkane im Stillen Meere.





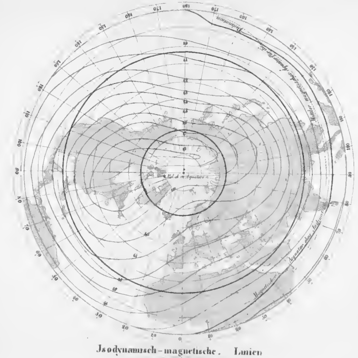
Tafel der Fluthwellen, Jsorachien



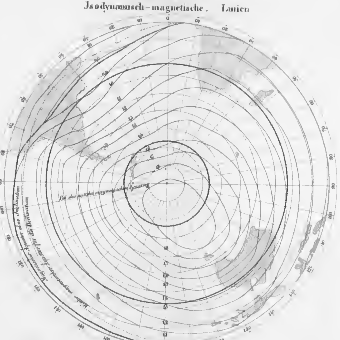


Tafel der See-Strömungen.



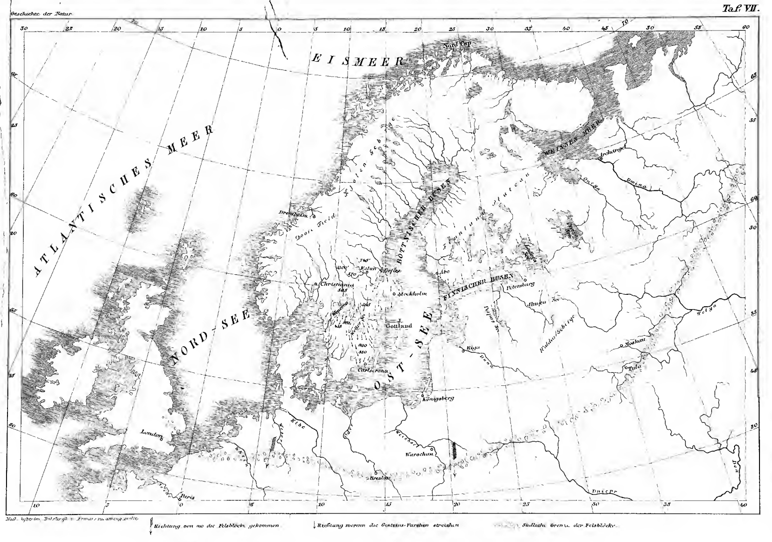


Isodynamisch-magnetische Linien



Nach Duperrey im Berghaus'schen Atlas bearbeitet





Richtung von wo die Felsblöcke gekommen

Richtung worin die Gesteins-Furchen streichen

Südliche Grenze der Felsblöcke

Verbreitung der erratischen Blöcke u. Diluvialschrammen im Norden von Europa.







